

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт

Кафедра автомобильных дорог и городских сооружений

УТВЕРЖДАЮ

заведующий кафедрой

В.В. Серватинский

подпись  
инициалы, фамилия  
« 17 » 06 20 17г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Проект автомобильной дороги III категории в Читинской области.

Руководитель

подпись, дата

Выпускник

подпись, дата

инициалы, фамилия  
А.Д. Шмидт

инициалы, фамилия  
В.И. Жуков

Красноярск 2017

## **Введение**

Цель данной выпускной квалификационной работы, показать приобретённые знания за все курсы обучения.

Необходимо спроектировать два варианта трассы в Читинской области, провести комплексную оценку этих вариантов, рассчитать конструкцию дорожных одежд, а также выполнить технико-экономический расчет, затем выбрать наиболее безопасный для движения и наиболее экономически эффективный вариант трассы. Составить и рассчитать два варианта дорожной одежды, составить для них локальные сметы и выбрать наиболее экономически выгодный вариант.

# 1 Природные условия района проектирования

## 1.1 Климат

В соответствии со СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги», район расположения участка автодороги отнесен к III дорожно-климатической зоне, климат - резко континентальный.

Все климатические характеристики приведены по ближайшей к району изысканий метеостанции: Чита в соответствии с СП 131.13330.2012 «Строительная климатология».

Тип местности для выбора естественных оснований по условиям их увлажнения при выборе грунтов для насыпей и проектирования земляного полотна, согласно СП 34.13330.2012 "Автомобильные дороги".

Сейсмичность района изысканий по карте В СП 14.13330.2014 составляет 8 баллов.

Необходимые для расчетов и проектирования данные приведены в «Ведомости климатических показателей» и таблицах. Ветровые характеристики представлены «Розой ветров».

Таблица 1 – Ведомость климатических показателей

п/п	Наименование показателя	Единицы измерения	Величина
1	Абсолютная температура воздуха: минимальная максимальная	°C	–47 +41
2	Средняя температура наиболее холодной пятидневки обеспеченности: 0,98 0,92	°C	-39 -38
3	Преобладающее направление ветра декабрь- февраль июнь- август	-	3 3
4	Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь	м/с	1,6
5	Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль	м/с	1,6
6	Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца наиболее теплого месяца	%	76 68
7	Количество осадков за: ноябрь – март апрель- октябрь	мм	17 329
8	Расчетная толщина снежного покрова обеспеченностью 5%	см	50
9	Глубина промерзания	см	270

Таблица 2 - Среднемесячная температура воздуха

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Темп. °C	-25,6	-20,2	-9,6	1,0	9,2	16,2	18,5	15,7	8,4	-0,8	-13,1	-22,6

Таблица 3 - Повторяемость и скорость ветра за январь (по СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология»)

Направление	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость. %	15	3	1	0	2	13	38	28
Скорость м/с.	1,8	1,7	1,8	-	2,6	3,9	3,2	2,2

Таблица 4 - Повторяемость и скорость ветра за июль (по СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология»)

Направление	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость. %	15	4	3	13	14	16	23	12
Скорость м/с.	3,1	2,4	2,3	3	2,5	2,8	2,7	2,5

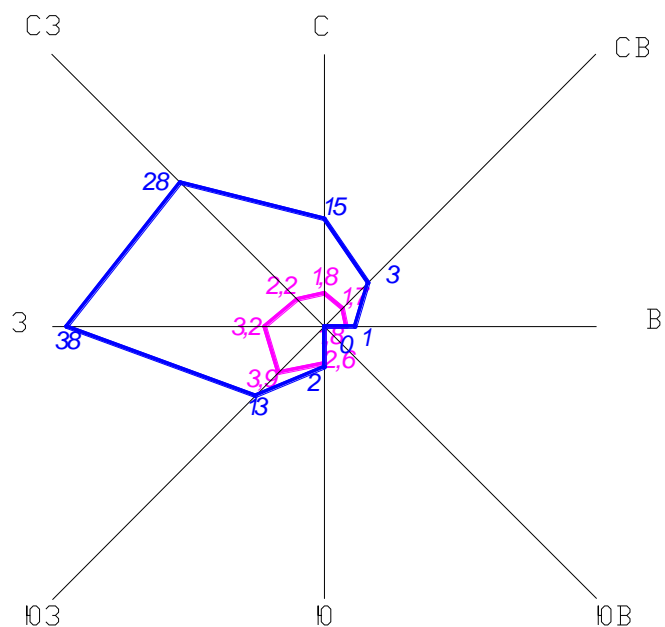


Рисунок 1 - График распределения скоростей и интенсивности ветра за январь

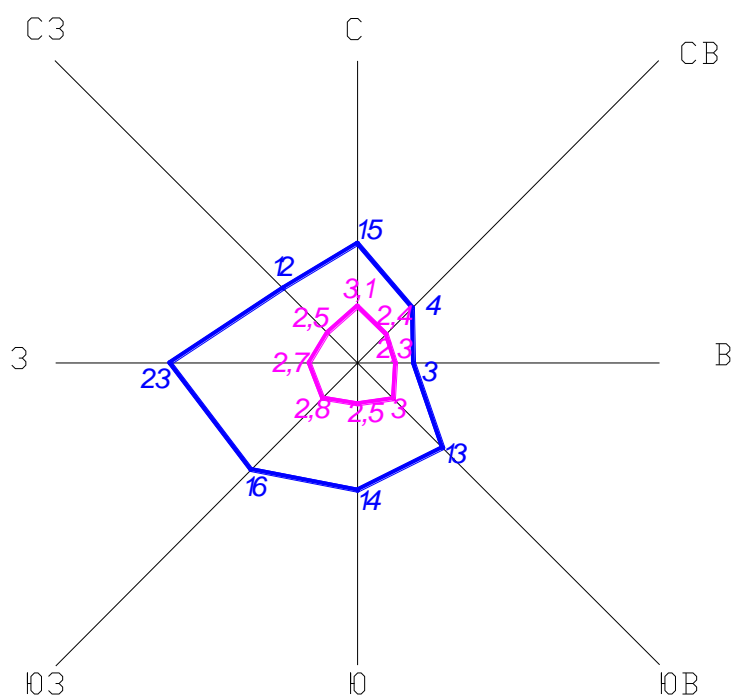
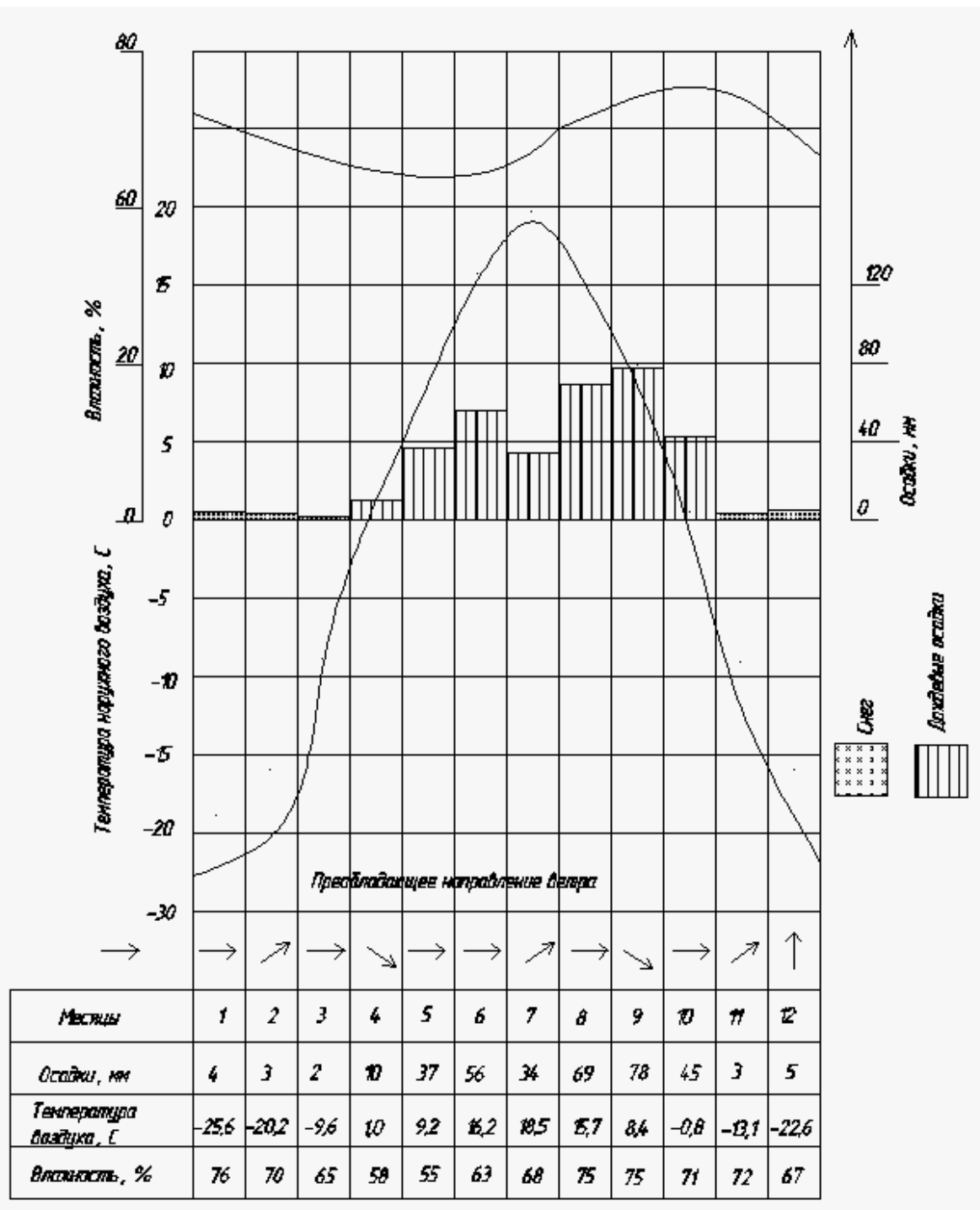


Рисунок 2 - График распределения скоростей и интенсивности ветра за июль

Рисунок 3 - Дорожно-климатический график



## 1.2. Рельеф.

На западе граничит с Бурятией, на севере — с Иркутской областью и Якутией, на востоке — с Амурской областью, на северо-востоке проходит государственная граница с Китаем, на юге — с Монголией. Преобладают средневысотные горы — хребты Яблоновый, Черского, Борщовочный, Даурский и др.; и разделяющие их межгорные котловины. На севере горы

поднимаются до высоты 3072 м (хребет Кодар). На юге — обширная Приононская равнина. Полезные ископаемые: олово, золото, полиметаллы, медь, молибден, вольфрам, железная руда, уголь, магнезиты, минеральные источники. Основные реки: Шилка и Аргунь (истоки Амура), Хилок и Чикой (приток Селенги), Олекма и Витим (притоки Лены). Крупные озера: Большое Леприндо, Леприндокан, Ничатка, группа Читинских озер, Кенон, Зун-Торей, Барун-Торей.

### 1.3. Растительность и почвы.

Область расположена в зонах тайги и степей. Почвы преимущественно подзолистые; в степях — черноземы и каштановые; в межгорных котловинах - лугово-мерзлотные и лугово-черноземные. Свыше 1/2 территории занимают горно-таежные леса (даурская лиственница, сосна, кедр, береза). На юге и по днищам котловин — злаково-разнотравные степи.

### 1.4. Инженерно-геологические условия.

Плоско - равнинный характер поверхности, плотные водоупорные грунты, слабая дренированность водоразделов при относительно высокой влажности климата способствует развитию процесса заболачивания. Грунтовые воды залегают глубоко.

### 1.5. Сведения о наличии дорожно-строительных материалов.

Имеющиеся строительные материалы: суглинок пригоден для возведения земляного полотна.

### 1.6 Заключение по природным условиям.

Дорога проектируется в III дорожно-климатической зоне, это необходимо учесть при проектировании. В данном регионе большой перепад температур, это необходимо учесть при использовании дорожно-строительных материалов для возведения насыпи и уплотнении. Помимо этого в данной местности большая снегозаносимость, так как уровень снежного покрова достаточно высокий, что бы избежать снегозаносимости нужно возводить насыпи достаточной высоты. Ветер, преобладающий в данном регионе западный - это весьма важный фактор при проектировании трассы, желательно, что бы он совпадал с направлением трассы. В общем, можно сделать вывод, что проектирование трассы в данном районе целесообразно, так как по близости множество дорожно-строительных материалов.

## 2 Обоснование технических нормативов дороги

### 2.1 Определение технической категории дороги

Интенсивность движения на перспективу в 20 лет рассчитывается по

следующей зависимости: 
$$N = N_{исх} * \frac{m}{100}$$

$$N_{Л.А} = 500 \cdot \frac{70}{100} = 350 \text{ авт/сут}$$

$$N_{4T} = 500 * \frac{12}{100} = 60 \text{ авт/сут}$$

$$N_{7T} = 500 * \frac{9}{100} = 45 \text{ авт/сут}$$

$$N_{10T} = 500 * \frac{1}{100} = 5 \text{ авт/сут}$$

$$N_{Автобус} = 500 * \frac{8}{100} = 40 \text{ авт/сут}$$

Приводим исходный поток к потоку, состоящему из легковых автомобилей с помощью специального коэффициента приведения:

$$N_{Л.А \text{ прив}} = 350 * 1 = 350 \text{ прив. авт/сут}$$

$$N_{4T \text{ прив}} = 60 * 1,75 = 105 \text{ прив. авт/сут}$$

$$N_{7T \text{ прив}} = 45 * 2,25 = 102 \text{ прив. авт/сут}$$

$$N_{10T \text{ прив}} = 5 * 2,67 = 14 \text{ прив. авт/сут}$$

$$N_{Авт. \text{ прив}} = 40 * 3,5 = 140 \text{ прив. авт/сут}$$

Интенсивность движения на перспективу 20 лет рассчитывается по следующей зависимости:

$$N = N_{\text{прив}} \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right)^t \text{ где:}$$

$N$  - Перспективная интенсивность, прив. авт/сут

$N_{\text{прив}}$  – приведенная интенсивность движения, а/сут

$t$  – Перспективный период, при назначении категории дороги (20 лет)

$P$  – Коэффициент ежегодного прироста автомобилей, %

$$N = 711 * \left(1 + \frac{9,0}{100}\right)^{20} = 3985 \text{ прив. авт/сут. Принимаем дорогу III}$$

технической категории в соответствии с СП 34.13330.2012 "Автомобильные дороги".

## 2.2 Основные технические показатели автомобильной дороги

Таблица 5 - Основные технические показатели проектируемой дороги

Наименование показателя	Единицы	Величина
-------------------------	---------	----------



	измерения	
Техническая категория		III
Расчетная интенсивность движения	прив. авт./сут	3985
Расчётная скорость движения	км/ч	100
Число полос движения	штук	2
Ширина одной полосы движения	м	3,0
Ширина обочин	м	2,0
Ширина укрепленной части обочины	м	0,5
Ширина земляного полотна	м	12
Наименьшие радиусы кривых в плане	м	600
Расчетное расстояние видимости:		
- для остановки	м	200
- для обгона	м	350
Наибольший продольный уклон	‰	50
Допускаемый наибольший продольный уклон на трудных участках	‰	80
Предельная длина участка с затяжным уклоном (равнинный и слабохолмистый) 40‰	м	600
Предельная длина участка с затяжным уклоном (сильно пересеченный рельеф) 40‰	м	1500
50‰	м	1200
Наименьший радиус выпуклых кривых в продольном профиле	м	10000
Наименьший радиус вогнутых кривых продольном профиле:		
- основные	м	3000
- в горной местности	м	1500

Поперечный уклон проезжей части (асфальтобетон) и краевой полосы обочины	‰	20
Поперечный уклон обочины (без укрепленной части)	‰	40

### 3 Проектирование вариантов трассы

#### 3.1 Описание 1-го варианта трассы

На карте первый вариант трассы обозначен синим цветом. Трасса проложена методом тангенсов. Имеет четыре угла поворота. Первый угол поворота расположен на ПК 16+53,14, радиус 4000 м, принят из условия трассирования по наиболее спокойному рельефу. Второй угол поворота расположен на ПК 33+24,17, радиус 5000 м, принят из условия трассирования по наиболее спокойному рельефу. Третий угол поворота расположен на ПК 53+81,36, радиус 3000 м, принят из условия трассирования по наиболее спокойному рельефу. Четвертый угол поворота расположен на ПК 71+53,72, радиус 2500 м, принят из условия

трассирования по наиболее спокойному рельефу Трасса пересекает железную дорогу на ПК 33+59, угол пересечения  $97^0$ .

Длина трассы 8684 м.

### 3.2 Описание 2-го варианта трассы

На карте второй вариант трассы обозначен красным цветом. Трасса проложена методом тангенсов. Имеет два угла поворота. Первый угол поворота расположен на ПК 47+25,73, радиус 2100 м, принят из условия трассирования по наиболее спокойному рельефу. Второй угол поворота расположен на ПК 65+10,02, радиус 2100 м, принят из условия трассирования по наиболее спокойному рельефу. Трасса пересекает железную дорогу на ПК 33+45, угол пересечения  $98^0$ .

Длина трассы 8763,27 м.

## **4. Комплексная оценка безопасности на проектируемых вариантах дороги.**

### 4.1 Расчет скоростей движения

Данные для расчета скоростей движения первого варианта трассы:

Автомобиль ГАЗ-24 «Волга»  $v_0 = 100$  км/ч. Расчет для III технической категории дороги.

При движении по прямолинейным участкам дорог скорость в конечной точке вычисляется по формуле:

$$V = \sqrt{(v_0^2 - L) * e^{-2nx} + L}, \text{ где}$$

$v_0$  - скорость, принятая в начальной точке;

$L$  - параметр учитывающий характеристики автомобиля и зависящий от уклона, принимается по таблице;

$e^{-2nx}$  - принимается по таблице в зависимости от  $x$ ;

$x$  - расстояние от назначенного начала координат до точки, в которой определяется скорость движения.

#### 4.1.1 Расчет для первого варианта трассы

Расчет сводим в таблицу:

Таблица 6. Расчет скоростей для первого варианта трассы

№ точки	X	e <sup>-2nx</sup>	Формула	Vi	
				м/с	Км/ч
Прямое направление					
1	100	0,837	$V = \sqrt{(27,77^2 - 2030) * 0,837 + 2030}$	31,20	Ограничено до 100
2	800	0,242	$V = \sqrt{(27,77^2 - 2030) * 0,242 + 2030}$	41,53	Ограничено до 100
3	500	0,587	$V = \sqrt{(27,77^2 - 1356) * 0,587 + 1356}$	31,82	Ограничено до 30
4	400	0,492	$V = \sqrt{(27,77^2 - 1144) * 0,492 + 1144}$	30,99	Ограничение до 100
5	800	0,242	$V = \sqrt{(27,77^2 - 1940) * 0,242 + 1940}$	40,70	Ограничение до 100
Обратное направление					
1	100	0,837	$V = \sqrt{(27,77^2 - 1343) * 0,837 + 1343}$	29,40	Ограничение до 100
2	800	0,242	$V = \sqrt{(27,77^2 - 1343) * 0,242 + 1343}$	34,70	Ограничение до 100
3	500	0,452	$V = \sqrt{(27,77^2 - 2030) * 0,452 + 2030}$	38,22	Ограничение до 100
4	800	0,242	$V = \sqrt{(27,77^2 - 1243) * 0,242 + 1243}$	33,59	Ограничение до 100

Вывод: Скорость движения в первом варианте в прямом направлении колеблется от 31,20 до 41,53 км/ч, общее ограничение на всём протяжении дороги 100 км/ч, в обратном направлении скорость колеблется от 29,40 до 38,59 км/ч, так же ограничиваем скорость до 100 км/ч.

Для построения эпюры скоростей пользуемся методом Н.Ф. Хорошилова, т.е. эпюра выглядит в более упрощённом виде. Подсчитанные скорости используем для построения графика коэффициентов безопасности движения.

#### 4.1.2 Расчет для второго варианта трассы

Расчет сводим в таблицу

Таблица 7. Расчет скоростей для второго варианта трассы

№ точки	X	e <sup>-2nx</sup>	Формула	Vi	
				м/с	Км/ч
Прямое направление					
1	100	0,837	$V = \sqrt{(27,77^2 - 2030) * 0,837 + 2030}$	31,25	Ограничено до 100
2	100	0,837	$V = \sqrt{(27,77^2 - 1343) * 0,837 + 1343}$	29,41	Ограничено до 100
3	1000	0,170	$V = \sqrt{(27,77^2 - 1343) * 0,170 + 1343}$	35,3	Ограничено до 30
4	500	0,492	$V = \sqrt{(27,77^2 - 1144) * 0,492 + 1144}$	31	Ограничение до 100
Обратное направление					
1	100	0,837	$V = \sqrt{(27,77^2 - 1547) * 0,837 + 1547}$	29,96	Ограничение до 100
2	500	0,452	$V = \sqrt{(27,77^2 - 1068) * 0,452 + 1068}$	30,56	Ограничение до 100
3	500	0,452	$V = \sqrt{(27,77^2 - 2139) * 0,452 + 2139}$	38,98	Ограничение до 100
4	500	0,452	$V = \sqrt{(27,77^2 - 1343) * 0,452 + 1343}$	32,92	Ограничение до 100

Вывод: Скорость движения в первом варианте в прямом направлении колеблется от 29,41 до 35,3 км/ч, общее ограничение на всём протяжении дороги 100 км/ч, в обратном направлении скорость колеблется от 29,96 до 38,92 км/ч (на заключительном участке), так же ограничиваем скорость до 100 км/ч.

Для построения эпюры скоростей пользуемся методом Н.Ф. Хорошилова, т.е. эпюра выглядит в более упрощённом виде. Подсчитанные скорости используем для построения графика коэффициентов безопасности движения.

#### 4.2 Оценка безопасности движения по графикам коэффициентов аварийности

#### 4.2.1 Оценка для первого варианта трассы

Коэффициент  $K_I$  зависит от интенсивности движения,  $N = 3985$  авт/сут

$K_I = 1,0$  - лето.  $K_I = 1,0$  - зима.  $K_I = 1,0$  – переходный период.

$K_2$  зависит от ширины проезжей части и от вида укрепления обочин.  $B_{пр.ч.} = 7,0$  м., обочины укрепленные.

$K_2 = 1,05$  – на всем протяжении дороги, для лета;

$K_2 = 1,05$  – на всем протяжении дороги, для зимы;

$K_2 = 1,05$  – на всём протяжении дороги, для переходного периода.

$K_3$  зависит от ширины обочины.  $B_{об.} = 2,5$  м.

$K_3 = 1,1$  – на всем протяжении дороги, для лета

$K_3 = 1,4$  – на всем протяжении дороги, для зимы

$K_3 = 1,2$  – на всем протяжении дороги, для переходного периода

$K_4$  зависит от продольного профиля. Принимаем:

$i_{np} = 41\text{‰}, K_4 = 1,93$	$i_{np} = 47\text{‰}, K_4 = 2,31$
$i_{np} = 14\text{‰}, K_4 = 1,0$	$i_{np} = 21\text{‰}, K_4 = 1,025$
$i_{np} = 11\text{‰}, K_4 = 1,0$	$i_{np} = 7\text{‰}, K_4 = 1,0$
$i_{np} = 5\text{‰}, K_4 = 1,0$	$i_{np} = 28\text{‰}, K_4 = 1,20$
$i_{np} = 18\text{‰}, K_4 = 1,0$	$i_{np} = 10\text{‰}, K_4 = 1,0$
$i_{np} = 4\text{‰}, K_4 = 1,0$	$i_{np} = 16\text{‰}, K_4 = 1,0$
$i_{np} = 19\text{‰}, K_4 = 1,0$	
$i_{np} = 38\text{‰}, K_4 = 1,75$	

$K_5$  зависит от радиуса кривых в плане

$R = 10000$ м принимаем  $K_5 = 1,0$

$R = 3000$ м принимаем  $K_5 = 1,0$

$K_6$  зависит от видимости в плане и в профиле

$K_6 = 2,0$  на всем протяжении дороги, для зимы

$K_6 = 1,0$  на всем протяжении дороги, для других периодов

$K_7$  зависит от ширины проезжей части мостов по отношению к проезжей части дороги. Так как в данном варианте мосты отсутствуют принимаем:  
 $K_7 = 1,0$  на всем протяжении дороги

$K_8$  зависит от длины прямых участков, т.к. длина меньше 3,0 км., то принимаем:  
 $K_8 = 1,0$  на всем протяжении дороги

$K_9$  зависит от типа пересечения с примыкающей дороги. Пересечение в одном уровне при интенсивности движения на пересекаемой дороге, % от суммарной на двух дорогах. Принимаем:  
 $K_9 = 1$  – на всём протяжении дороги, т.к. отсутствует пересечение с дорогами.

$K_{10}$  зависит от интенсивности движения на пересечении в одном уровне.  
 $K_{10} = 1,0$  на всем протяжении дороги

$K_{11}$  зависит от видимости пересечения в одном уровне с примыкающей дороги.  
 $K_{11} = 1,0$  на всем протяжении дороги;

$K_{12}$  зависит от числа полос движения на проезжей части. Число полос равно 2.  
 $K_{12} = 1,0$  на всем протяжении дороги.

$K_{13}$  зависит от расстояния проезжей части от застройки.  
 $K_{13} = 1,0$  на всем протяжении дороги.

$K_{14}$  зависит от длины населенного пункта.  
 $K_{14} = 1,0$  т.к. на всем протяжении дорога не пересекает населенные пункты.

$K_{15}$  зависит от наличия участков, примыкающих к населенным пунктам, зависит от расстояния от н/п до дороги. Принимаем:

$K_{15} = 1$  на всём протяжении дороги, вблизи нет населённых пунктов;

$K_{16}$  зависит от состояния покрытия связанного с коэффициентом сцепления покрытия. Принимаем:

$K_{16} = 1,0$  для чистого и сухого покрытия на всем протяжении дороги в летний период года.

$K_{16} = 1,5$  для переходного периода на всем протяжении дороги

$K_{16} = 1,8$  для зимы на всем протяжении дороги.

Перемножая полученные коэффициенты, мы получим итоговый коэффициент аварийности  $K_{um}$  для трех периодов года.

Необходимо стремиться к тому, что бы  $K_{um} < 15-20$ , если коэффициент превышает заданные пределы, то необходимо перепроектировать участок новой дороги или внести какие-нибудь предложения для приведения коэффициента к допустимым границам.

В данном варианте трассы на двух участках  $K_{um} = 10-20$  необходимо предусмотреть разметку проезжей части и рекомендовать установку знака «Обгон запрещен».

Все остальные значения лежат в допустимом пределе.

#### 4.2.2 Оценка для второго варианта трассы

Коэффициент  $K_1$  зависит от интенсивности движения,  $N = 3985$  авт/сут

$K_1 = 1,0$  - лето.  $K_1 = 1,0$  - зима.  $K_1 = 1,0$  – переходный период.

$K_2$  зависит от ширины проезжей части и от вида укрепления обочин.  $B_{пр.ч.} = 7,0$  м., обочины укрепленные.

$K_2 = 1,05$  – на всем протяжении дороги, для лета;

$K_2 = 1,05$  – на всем протяжении дороги, для зимы;

$K_2 = 1,05$  – на всём протяжении дороги, для переходного периода.

$K_3$  зависит от ширины обочины.  $B_{об.} = 2,5$  м.



$K_3 = 1,1$  – на всем протяжении дороги, для лета

$K_3 = 1,4$  – на всем протяжении дороги, для зимы

$K_3 = 1,2$  – на всем протяжении дороги, для переходного периода

$K_4$  зависит от продольного профиля. Принимаем:

$i_{np} = 44\text{‰}, K_4 = 2,125$	$i_{np} = 25\text{‰}, K_4 = 1,125$
$i_{np} = 1\text{‰}, K_4 = 1,0$	$i_{np} = 7\text{‰}, K_4 = 1,0$
$i_{np} = 27\text{‰}, K_4 = 1,175$	$i_{np} = 15\text{‰}, K_4 = 1,0$
$i_{np} = 4\text{‰}, K_4 = 1,0$	$i_{np} = 10\text{‰}, K_4 = 1,0$
$i_{np} = 15\text{‰}, K_4 = 1,0$	$i_{np} = 16\text{‰}, K_4 = 1,0$
$i_{np} = 12\text{‰}, K_4 = 1,0$	
$i_{np} = 29\text{‰}, K_4 = 1,225$	
$i_{np} = 50\text{‰}, K_4 = 2,5$	

$K_5$  зависит от радиуса кривых в плане

$R = 20000\text{м}$  принимаем  $K_5 = 1,0$

$R = 3000\text{м}$  принимаем  $K_5 = 1,0$

$R = 8000\text{м}$  принимаем  $K_5 = 1,0$

$R = 4000\text{м}$  принимаем  $K_5 = 1,0$

$R = 7000\text{м}$  принимаем  $K_5 = 1,0$

$K_6$  зависит от видимости в плане и в профиле

$K_6 = 2,0$  на всем протяжении дороги, для зимы

$K_6 = 1,0$  на всем протяжении дороги, для других периодов

$K_7$  зависит от ширины проезжей части мостов по отношению к проезжей части дороги. Так как в данном варианте мосты отсутствуют принимаем:  
 $K_7 = 1,0$  на всем протяжении дороги

$K_8$  зависит от длины прямых участков, т.к. длина меньше 3,0 км., то принимаем:  
 $K_8 = 1,0$  на всем протяжении дороги

$K_9$  зависит от типа пересечения с примыкающей дороги. Пересечение в одном уровне при интенсивности движения на пересекаемой дороге, % от суммарной на двух дорогах. Принимаем:  
 $K_9 = 1$  – на всём протяжении дороги, т.к. отсутствует пересечение с дорогами.

$K_{10}$  зависит от интенсивности движения на пересечении в одном уровне.  
 $K_{10} = 1,0$  на всем протяжении дороги

$K_{11}$  зависит от видимости пересечения в одном уровне с примыкающей дороги.  
 $K_{11} = 1,0$  на всем протяжении дороги;

$K_{12}$  зависит от числа полос движения на проезжей части. Число полос равно 2.  
 $K_{12} = 1,0$  на всем протяжении дороги.

$K_{13}$  зависит от расстояния проезжей части от застройки.  
 $K_{13} = 1,0$  на всем протяжении дороги.

$K_{14}$  зависит от длины населенного пункта.  
 $K_{14} = 1,0$  т.к. на всем протяжении дорога не пересекает населенные пункты.

$K_{15}$  зависит от наличия участков, примыкающих к населенным пунктам, зависит от расстояния от н/п до дороги. Принимаем:

$K_{15} = 1$  на всём протяжении дороги, вблизи нет населённых пунктов;

$K_{16}$  зависит от состояния покрытия связанного с коэффициентом сцепления покрытия. Принимаем:

$K_{16} = 1,0$  для чистого и сухого покрытия на всем протяжении дороги в летний период года.

$K_{16} = 1,5$  для переходного периода на всем протяжении дороги

$K_{16} = 1,8$  для зимы на всем протяжении дороги.

Перемножая полученные коэффициенты, мы получим итоговый коэффициент аварийности  $K_{um}$  для трех периодов года.

Необходимо стремиться к тому, что бы  $K_{um} < 15-20$ , если коэффициент превышает заданные пределы, то необходимо перепроектировать участок новой дороги или внести какие-нибудь предложения для приведения коэффициента к допустимым границам.

В данном варианте трассы на двух участках  $K_{um} = 10-20$  необходимо предусмотреть разметку проезжей части и рекомендовать установку знака «Обгон запрещен».

Все остальные значения лежат в допустимом пределе.

#### 4.3 Оценка по графикам коэффициентам безопасности

Для оценки плавности продольного профиля и обеспечения безопасности строят эпюры скоростей движения, и, используя их, строят графики коэффициентов безопасности

##### 4.3.1 Оценка первого варианта трассы

Коэффициентом безопасности называют отношение минимальной скорости  $V_{min}$ , обеспечиваемой тем или иным участком дороги, к максимально возможной скорости въезда  $V_{max b}$  автомобилей на этот участок:

$$K_{без} = \frac{V_{min}}{V_{max b}} = \frac{100}{100} = 1,0$$

Анализируя полученные значения для данного варианта трассы приходим к выводу, что движение очень не опасное, т.к. коэффициент безопасности находится в пределах 1,0.

#### 4.3.2 Оценка второго варианта трассы

Коэффициентом безопасности называют отношение минимальной скорости  $V_{min}$ , обеспечиваемой тем или иным участком дороги, к максимально возможной скорости въезда  $V_{max b}$  автомобилей на этот участок:

$$K_{без} = \frac{V_{min}}{V_{max b}} = \frac{100}{100} = 1,0$$

Анализируя полученные значения для данного варианта трассы приходим к выводу, что движение очень не опасное, т.к. коэффициент безопасности находится в пределах 1,0.

### 4.4 Оценка по пропускной способности

#### 4.4.1 Оценка для первого варианта трассы

Фактическая пропускная способность – максимальное количество автомобилей, которое может пропустить участок дороги с заданными характеристиками в единицу времени.

$$P = P_{max} * \beta_{ит}$$

$P_{max}$  – максимальная пропускная способность эталонного участка;

$\beta_{ит}$  – итоговый коэффициент снижения пропускной способности

$$\beta_{ит} = \beta_1 * \beta_2 * \dots * \beta_{15}$$

$\beta_1 * \beta_2 * \dots * \beta_{15}$  – частные коэффициенты снижения пропускной способности.

$\beta_1$  – зависит от ширины проезжей части,  $b=7,0м$ ;  $\beta_1=0,9$ ;

$\beta_2$  – зависит от ширины обочины,  $b_{об}=2,5$ ;  $\beta_1=0,92$ ;

$\beta_3$  – зависит от боковых препятствий,  $\beta_3=0,95$ ;

$\beta_4$  – зависит от количества автопоездов в потоке,  $\beta_4=0,81$ ;

$\beta_5$  – зависит от продольного уклона  $\beta_5$ :

$i_{np} = 41\text{‰}, \beta_5 = 0,80$	$i_{np} = 47\text{‰}, \beta_5 = 0,75$
$i_{np} = 14\text{‰}, \beta_5 = 0,94$	$i_{np} = 21\text{‰}, \beta_5 = 0,94$
$i_{np} = 11\text{‰}, \beta_5 = 0,97$	$i_{np} = 7\text{‰}, \beta_5 = 0,98$

$i_{np} = 5\text{‰}, \beta_5 = 0,98$	$i_{np} = 28\text{‰}, \beta_5 = 0,88$
$i_{np} = 18\text{‰}, \beta_5 = 0,90$	$i_{np} = 10\text{‰}, \beta_5 = 0,97$
$i_{np} = 4\text{‰}, \beta_5 = 0,98$	$i_{np} = 16\text{‰}, \beta_5 = 0,90$
$i_{np} = 19\text{‰}, \beta_5 = 0,92$	
$i_{np} = 38\text{‰}, \beta_5 = 0,91$	

$\beta_6$  – зависит от расстояния видимости,  $\beta_6=1,0$ ;

$\beta_7$  – зависит от радиуса кривых в плане,  $\beta_7=1,00$ ;

$\beta_8$  – зависит от ограничения скорости дорожными знаками,  $\beta_8=1,0$ ;

$\beta_9$  – зависит от количества автомобилей поворачивающих налево,  $\beta_9=1,0$ ;

$\beta_{10}$  – зависит от состояния обочин,  $\beta_{10}=1,0$ ;

$\beta_{11}$  – зависит от типа покрытия,  $\beta_{11}=0,91$ ;

$\beta_{12}$  – зависит от типа сооружения,  $\beta_{12}=1,00$ ;

$\beta_{13}$  – зависит от вида разметки проезжей части,  $\beta_{13}=1,05$ ;

$\beta_{14}$  – зависит от наличия знаков ограничения скорости,  $\beta_{14}=1,1$ ;

$\beta_{15}$  – зависит от числа автобусов в потоке,  $\beta_{15}=0,77$

$$P=P_{\max} \cdot \beta_{\text{ит}}=2000 \cdot 0,412=824 \text{ прив. авт/час}$$

$$P=P_{\max} \cdot \beta_{\text{ит}}=2000 \cdot 0,484=968 \text{ прив. авт/час}$$

$$P=P_{\max} \cdot \beta_{\text{ит}}=2000 \cdot 0,499=998 \text{ прив. авт/час}$$

$$P=P_{\max} \cdot \beta_{\text{ит}}=2000 \cdot 0,504=1008 \text{ прив. авт/час}$$

$$P=P_{\max} \cdot \beta_{\text{ит}}=2000 \cdot 0,463=926 \text{ прив. авт/час}$$

$$P=P_{\max} \cdot \beta_{\text{ит}}=2000 \cdot 0,504=1008 \text{ прив. авт/час}$$

$$P=P_{\max} \cdot \beta_{\text{ит}}=2000 \cdot 0,473=946 \text{ прив. авт/час}$$

$$P=P_{\max} \cdot \beta_{\text{ит}}=2000 \cdot 0,468=936 \text{ прив. авт/час}$$

$$P=P_{\max} \cdot \beta_{\text{ит}}=2000 \cdot 0,386=772 \text{ прив. авт/час}$$

$$P=P_{\max} \cdot \beta_{\text{ит}}=2000 \cdot 0,484=968 \text{ прив. авт/час}$$

$$P=P_{\max} \cdot \beta_{\text{ит}}=2000 \cdot 0,504=1008 \text{ прив. авт/час}$$

$$P=P_{\max} \cdot \beta_{\text{ит}}=2000 \cdot 0,453=906 \text{ прив. авт/час}$$

$$P=P_{\max} \cdot \beta_{\text{ит}}=2000 \cdot 0,499=998 \text{ прив. авт/час}$$

$$P=P_{\max} \cdot \beta_{\text{ит}}=2000 \cdot 0,463=926 \text{ прив. авт/час}$$

$$P_{\text{факт}} = \frac{P}{n_1 \cdot \psi_{\text{л}} + n_2 \cdot \psi_{\text{гр}} + n_3 \cdot \psi_{\text{авт}} + n_4 \cdot \psi_{\text{ап}} + n_5 \cdot \psi_{\text{м}}}$$

$P$  – пропускная способность приведенного состава;  $n_i$  – количество (в долях единицы) транспортных средств различных типов;  $\psi_i$  – величина коэффициентов приведения.

$$\psi_{\text{л}} = 1,0, n_1 = 0,70$$

$$\psi_{\text{гр,л}} = 2,0, n_2 = 0,12$$

$$\psi_{\text{гр,ср}} = 2,5, n_3 = 0,09$$

$$\psi_{\text{гр,т}} = 3,0, n_4 = 0,10$$

$$\psi_{\text{авт}} = 3,5, n_5 = 0,08$$

$$P_{\text{факт}} = \frac{824}{1 \cdot 0,70 + 2 \cdot 0,12 + 2,5 \cdot 0,09 + 3 \cdot 0,10 + 3,5 \cdot 0,08} = 473 \text{ прив. авт/час}$$

$$P_{\text{факт}} = \frac{968}{1 \cdot 0,70 + 2 \cdot 0,12 + 2,5 \cdot 0,09 + 3 \cdot 0,10 + 3,5 \cdot 0,08} = 556 \text{ прив. авт/час}$$

$$P_{\text{факт}} = \frac{998}{1 \cdot 0,70 + 2 \cdot 0,12 + 2,5 \cdot 0,09 + 3 \cdot 0,10 + 3,5 \cdot 0,08} = 573 \text{ прив. авт/час}$$

$$P_{\text{факт}} = \frac{1008}{1 \cdot 0,70 + 2 \cdot 0,12 + 2,5 \cdot 0,09 + 3 \cdot 0,10 + 3,5 \cdot 0,08} = 579 \text{ прив. авт/час}$$

$$P_{\text{факт}} = \frac{926}{1 \cdot 0,70 + 2 \cdot 0,12 + 2,5 \cdot 0,09 + 3 \cdot 0,10 + 3,5 \cdot 0,08} = 532 \text{ прив. авт/час}$$

$$P_{\text{факт}} = \frac{1008}{1 \cdot 0,70 + 2 \cdot 0,12 + 2,5 \cdot 0,09 + 3 \cdot 0,10 + 3,5 \cdot 0,08} = 579 \text{ прив. авт/час}$$

$$P_{\text{факт}} = \frac{946}{1 \cdot 0,70 + 2 \cdot 0,12 + 2,5 \cdot 0,09 + 3 \cdot 0,10 + 3,5 \cdot 0,08} = 543 \text{ прив. авт/час}$$

$$P_{\text{факт}} = \frac{936}{1 \cdot 0,70 + 2 \cdot 0,12 + 2,5 \cdot 0,09 + 3 \cdot 0,10 + 3,5 \cdot 0,08} = 537 \text{ прив. авт/час}$$

$$P_{\text{факт}} = \frac{772}{1 \cdot 0,70 + 2 \cdot 0,12 + 2,5 \cdot 0,09 + 3 \cdot 0,10 + 3,5 \cdot 0,08} = 443 \text{ прив. авт/час}$$

$$P_{факт} = \frac{968}{1 \cdot 0,70 + 2 \cdot 0,12 + 2,5 \cdot 0,09 + 3 \cdot 0,10 \cdot 3,5 \cdot 0,08} = 556 \text{ прив. авт/час}$$

$$P_{факт} = \frac{1008}{1 \cdot 0,70 + 2 \cdot 0,12 + 2,5 \cdot 0,09 + 3 \cdot 0,10 \cdot 3,5 \cdot 0,08} = 579 \text{ прив. авт/час}$$

$$P_{факт} = \frac{906}{1 \cdot 0,70 + 2 \cdot 0,12 + 2,5 \cdot 0,09 + 3 \cdot 0,10 \cdot 3,5 \cdot 0,08} = 520 \text{ прив. авт/час}$$

$$P_{факт} = \frac{998}{1 \cdot 0,70 + 2 \cdot 0,12 + 2,5 \cdot 0,09 + 3 \cdot 0,10 \cdot 3,5 \cdot 0,08} = 573 \text{ прив. авт/час}$$

$$P_{факт} = \frac{926}{1 \cdot 0,70 + 2 \cdot 0,12 + 2,5 \cdot 0,09 + 3 \cdot 0,10 \cdot 3,5 \cdot 0,08} = 532 \text{ прив. авт/час}$$

Найдём коэффициент загрузки дороги  $Z$ .  $Z = \frac{N_1}{P_{cp}}$ , где  $N_1$  – часовая

интенсивность движения, авт/ч,  $N_1 = 0,1 \cdot N = 0,1 \cdot 3985 = 398,5$  прив авт/час

$$Z = \frac{N_1}{P_{cp}} = \frac{398,5 \text{ авт/час}}{824 \text{ прив. авт/час}} = 0,48$$

$$Z = \frac{N_1}{P_{cp}} = \frac{398,5 \text{ авт/час}}{968 \text{ прив. авт/час}} = 0,41$$

$$Z = \frac{N_1}{P_{cp}} = \frac{398,5 \text{ авт/час}}{998 \text{ прив. авт/час}} = 0,39$$

$$Z = \frac{N_1}{P_{cp}} = \frac{398,5 \text{ авт/час}}{1008 \text{ прив. авт/час}} = 0,39$$

$$Z = \frac{N_1}{P_{cp}} = \frac{398,5 \text{ авт/час}}{926 \text{ прив. авт/час}} = 0,43$$

$$Z = \frac{N_1}{P_{cp}} = \frac{398,5 \text{ авт/час}}{1008 \text{ прив. авт/час}} = 0,39$$

$$Z = \frac{N_1}{P_{cp}} = \frac{398,5 \text{ авт/час}}{946 \text{ прив. авт/час}} = 0,42$$

$$Z = \frac{N_1}{P_{cp}} = \frac{398,5 \text{ авт/час}}{936 \text{ прив. авт/час}} = 0,42$$

$$Z = \frac{N_1}{P_{cp}} = \frac{398,5 \text{ авт/час}}{772 \text{ прив. авт/час}} = 0,51$$

$$Z = \frac{N_1}{P_{cp}} = \frac{398,5 \text{ авт/час}}{968 \text{ прив. авт/час}} = 0,41$$

$$Z = \frac{N_1}{P_{cp}} = \frac{398,5 \text{ авт/час}}{1008 \text{ прив. авт/час}} = 0,39$$

$$Z = \frac{N_1}{P_{cp}} = \frac{398,5 \text{ авт/час}}{906 \text{ прив. авт/час}} = 0,44$$

$$Z = \frac{N_1}{P_{cp}} = \frac{398,5 \text{ авт/час}}{998 \text{ прив. авт/час}} = 0,39$$

$$Z = \frac{N_1}{P_{cp}} = \frac{398,5 \text{ авт/час}}{926 \text{ прив. авт/час}} = 0,43$$

$Z < 0,65$  условие удовлетворяется.

Для дороги III т.к.  $Z \leq 0,65$ . Анализируя полученные значения коэффициентов загрузки можно сделать вывод, что данные коэффициенты соответствуют дороге III т.к.

#### 4.4.2 Оценка второго варианта трассы

Фактическая пропускная способность – максимальное количество автомобилей, которое может пропустить участок дороги с заданными характеристиками в единицу времени.

$$P = P_{\max} \cdot \beta_{\text{ит}}$$

$P_{\max}$  – максимальная пропускная способность эталонного участка;

$\beta_{\text{ит}}$  – итоговый коэффициент снижения пропускной способности

$$\beta_{\text{ит}} = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \dots \cdot \beta_{15}$$

$\beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \dots \cdot \beta_{15}$  – частные коэффициенты снижения пропускной способности.

$\beta_1$  – зависит от ширины проезжей части,  $b=7,0\text{м}$ ;  $\beta_1=0,9$ ;

$\beta_2$  – зависит от ширины обочины,  $b_{об}=2,5$ ;  $\beta_1=0,92$ ;

$\beta_3$  – зависит от боковых препятствий,  $\beta_3=0,95$ ;

$\beta_4$  – зависит от количества автопоездов в потоке,  $\beta_4=0,81$ ;

$\beta_5$  – зависит от продольного уклона  $\beta_5$ :



$i_{np} = 44\text{‰}, \beta_5 = 0,80$	$i_{np} = 25\text{‰}, \beta_5 = 0,93$
$i_{np} = 1\text{‰}, \beta_5 = 0,98$	$i_{np} = 7\text{‰}, \beta_5 = 0,98$
$i_{np} = 27\text{‰}, \beta_5 = 0,88$	$i_{np} = 15\text{‰}, \beta_5 = 0,98$
$i_{np} = 4\text{‰}, \beta_5 = 0,98$	$i_{np} = 10\text{‰}, \beta_5 = 0,98$
$i_{np} = 15\text{‰}, \beta_5 = 0,98$	$i_{np} = 16\text{‰}, \beta_5 = 0,98$
$i_{np} = 12\text{‰}, \beta_5 = 0,98$	
$i_{np} = 29\text{‰}, \beta_5 = 0,91$	
$i_{np} = 50\text{‰}, \beta_5 = 0,75$	

$\beta_6$  – зависит от расстояния видимости,  $\beta_6=1,0$ ;

$\beta_7$  – зависит от радиуса кривых в плане,  $\beta_7=1,00$ ;

$\beta_8$  – зависит от ограничения скорости дорожными знаками,  $\beta_8=1,0$ ;

$\beta_9$  – зависит от количества автомобилей поворачивающих налево,  $\beta_9=1,0$ ;

$\beta_{10}$  – зависит от состояния обочин,  $\beta_{10}=1,0$ ;

$\beta_{11}$  – зависит от типа покрытия,  $\beta_{11}=0,91$ ;

$\beta_{12}$  – зависит от типа сооружения,  $\beta_{12}=1,00$ ;

$\beta_{13}$  – зависит от вида разметки проезжей части,  $\beta_{13}=1,05$ ;

$\beta_{14}$  – зависит от наличия знаков ограничения скорости,  $\beta_{14}=1,1$ ;

$\beta_{15}$  – зависит от числа автобусов в потоке,  $\beta_{15}=0,77$

$$P = P_{\max} \cdot \beta_{\text{ит}} = 2000 \cdot 0,412 = 824 \text{ прив. авт/час}$$

$$P = P_{\max} \cdot \beta_{\text{ит}} = 2000 \cdot 0,504 = 1008 \text{ прив. авт/час}$$

$$P = P_{\max} \cdot \beta_{\text{ит}} = 2000 \cdot 0,453 = 906 \text{ прив. авт/час}$$

$$P = P_{\max} \cdot \beta_{\text{ит}} = 2000 \cdot 0,468 = 936 \text{ прив. авт/час}$$

$$P = P_{\max} \cdot \beta_{\text{ит}} = 2000 \cdot 0,463 = 772 \text{ прив. авт/час}$$

$$P = P_{\max} \cdot \beta_{\text{ит}} = 2000 \cdot 0,478 = 956 \text{ прив. авт/час}$$

$$P_{\text{факт}} = \frac{P}{n_1 \cdot \psi_{\text{л}} + n_2 \cdot \psi_{\text{гр}} + n_3 \cdot \psi_{\text{авт}} + n_4 \cdot \psi_{\text{ап}} + n_5 \cdot \psi_{\text{м}}}$$

$P$  – пропускная способность приведенного состава;  $n_i$  – количество (в долях единицы) транспортных средств различных типов;  $\psi_i$  – величина коэффициентов приведения.

$$\psi_{л} = 1,0, n_1 = 0,70$$

$$\psi_{гр,л} = 2,0, n_2 = 0,12$$

$$\psi_{гр,ср} = 2,5, n_3 = 0,09$$

$$\psi_{гр,т} = 3,0, n_4 = 0,10$$

$$\psi_{авт} = 3,5, n_5 = 0,08$$

$$P_{факт} = \frac{824}{1 \cdot 0,70 + 2 \cdot 0,12 + 2,5 \cdot 0,09 + 3 \cdot 0,10 + 3,5 \cdot 0,08} = 473 \text{ прив. авт/час}$$

$$P_{факт} = \frac{1008}{1 \cdot 0,70 + 2 \cdot 0,12 + 2,5 \cdot 0,09 + 3 \cdot 0,10 + 3,5 \cdot 0,08} = 579 \text{ прив. авт/час}$$

$$P_{факт} = \frac{906}{1 \cdot 0,70 + 2 \cdot 0,12 + 2,5 \cdot 0,09 + 3 \cdot 0,10 + 3,5 \cdot 0,08} = 520 \text{ прив. авт/час}$$

$$P_{факт} = \frac{936}{1 \cdot 0,70 + 2 \cdot 0,12 + 2,5 \cdot 0,09 + 3 \cdot 0,10 + 3,5 \cdot 0,08} = 537 \text{ прив. авт/час}$$

$$P_{факт} = \frac{772}{1 \cdot 0,70 + 2 \cdot 0,12 + 2,5 \cdot 0,09 + 3 \cdot 0,10 + 3,5 \cdot 0,08} = 443 \text{ прив. авт/час}$$

$$P_{факт} = \frac{956}{1 \cdot 0,70 + 2 \cdot 0,12 + 2,5 \cdot 0,09 + 3 \cdot 0,10 + 3,5 \cdot 0,08} = 549 \text{ прив. авт/час}$$

Найдём коэффициент загрузки дороги  $Z$ .  $Z = \frac{N_1}{P_{ср}}$ , где  $N_1$  – часовая

интенсивность движения, авт/ч,  $N_1 = 0,1 \cdot N = 0,1 \cdot 3985 = 398,5$  прив авт/час

$$Z = \frac{N_1}{P_{ср}} = \frac{398,5 \text{ прив. авт/час}}{824 \text{ прив. авт/час}} = 0,48$$

$$Z = \frac{N_1}{P_{ср}} = \frac{398,5 \text{ прив. авт/час}}{1008 \text{ прив. авт/час}} = 0,39$$

$$Z = \frac{N_1}{P_{ср}} = \frac{398,5 \text{ прив. авт/час}}{906 \text{ прив. авт/час}} = 0,43$$

$$Z = \frac{N_1}{P_{ср}} = \frac{398,5 \text{ прив. авт/час}}{936 \text{ прив. авт/час}} = 0,42$$

$$Z = \frac{N_1}{P_{cp}} = \frac{398,5 \text{ прив. авт/час}}{772 \text{ прив. авт/час}} = 0,51$$

$$Z = \frac{N_1}{P_{cp}} = \frac{398,5 \text{ прив. авт/час}}{956 \text{ прив. авт/час}} = 0,41$$

$Z < 0,65$  условие удовлетворяется.

Для дороги III т.к.  $Z \leq 0,65$ . Анализируя полученные значения коэффициентов загрузки можно сделать вывод, что данные коэффициенты соответствуют дороге III т.к.

## 5. Технико-экономическое сравнение вариантов трассы

Технико-экономическое сравнение вариантов трассы проводится по 7 <sup>ми</sup> группам показателей.

Оценка 1<sup>го</sup> варианта трассы.

1. Степень удовлетворения общегосударственных требований.
2. Степень устойчивости конструкций дороги.
3. Условия организации строительства.
4. Технико-эксплуатационные показатели.

Коэффициент удлинения:

$$K_{y\phi} = \frac{L_{mp}}{L_0} = \frac{8684}{8500} = 1,02$$

Средняя величина угла поворота:

$$rad_{cp} = \frac{\sum rad}{L} = \frac{1,74}{8,684} = 0,20 \text{ рад/км}$$

$$rad = \frac{\alpha \cdot \pi}{180} = \frac{100 \cdot 3,14}{180} = 1,74 \text{ рад.}$$

Средний радиус закругления:

$$R_{cp} = \frac{\sum K}{\sum rad} = \frac{5879,27}{1,74} = 3378 \text{ м/рад}$$

Коэффициент безопасности:

$$K_{БЕЗ} = \frac{V_{MIN}}{V_{MAX}}, \text{ где}$$

$V_{MIN}$  – Максимальная скорость на данном варианте трассы, км/час;

$V_{MAX}$  - Минимальная скорость на данном варианте трассы, км/час.

$$K_{БЕЗ} = \frac{V_{MIN}}{V_{MAX}} = \frac{100}{100} = 1$$

Средневзвешенный коэффициент аварийности

$$K_{CP}^{AB} = \frac{\sum K_i \times l_i}{L}, \text{ где}$$

$K_i$  – Итоговый коэффициент аварийности на  $i$ -ом участке трассы;

$l_i$  – Длина  $i$ -ого участка трассы, м;

$L$  – Длина варианта трассы, м.

$$K_{CP}^{AB} = \frac{\sum K_i \times l_i}{L} = \frac{(2,22 \cdot 800) + (1,155 \cdot 4100) + (2,02 \cdot 500) + (2,66 \cdot 400) + (1,18 \cdot 200)}{8684}.$$

$$\frac{(1,155 \cdot 200) + (1,38 \cdot 800) + (2,14 \cdot 400) + (1,155 \cdot 1684)}{8684} = \frac{1210,52}{8684} = 1,39;$$

5. Стоимость строительства.

Стоимость одного километра дороги  $P_0 = 350000$  руб.

Средняя цена земли  $S_3 = 1370$  руб/га

6. Эксплуатационно-транспортные показатели.

Среднетехническая скорость:

Время пробега характеризуется среднетехнической скоростью:

$$V_{CP.T} = \frac{\Omega}{L}, \text{ где}$$

$\Omega$  – площадь, снятая с эюры скоростей;

$L$  – длина варианта трассы.

$$V_{CP.T} = \frac{\Omega}{L} = \frac{868,4}{8,684} = 100 \text{ км/час};$$

Время доставки грузов:

$$t = \frac{L}{V_{CP.T}}$$

$$t = \frac{L}{V_{CP.T}} = \frac{8684}{27,78} = 312,6 \text{ сек};$$

$$T = \frac{L_{\phi}}{V_{CP.T}} N = \frac{8684}{27,78} \cdot 3985 = 1245707 \text{ сек.}$$

7. Технико – экономическое сравнение.

Стоимость одного километра дороги  $P_0 = 350000$  руб.

Средняя цена земли  $S_3 = 1370$  руб/га

Продолжительность работы дороги в году  $D = 275$  дней.

Для данного расчёта используем метод суммарных приведенных затрат.

$$P_{np} = \frac{E_n}{E_{nn}} \cdot P_0 + \sum_{i=1}^m \frac{C_m}{(1 + E_{nn})^i}$$

$E_n$  – Отраслевой нормативный коэффициент капиталовложений - 0,12.

$E_{np}$  – Коэффициент приведения разновременных затрат к базисному году – 0,08.

$P_0$  – Сметная стоимость 1 км дороги.

$C_t$  – Текущие затраты в базисном году.

$t = 20$  лет, срок службы до капитального ремонта.

$$P_0 = P_c + P_3.$$

$P_c$  – Сметная стоимость 1 км дороги.  $P_c = 350000$  руб.

$P_3$  – Потери, связанные с отводом земли.

$$P_3 = \frac{E_3 + K_b}{10000E_3^2} \cdot P_{cp} \cdot S_3 \cdot L$$

$E_3 = 0,08$  – коэффициент эффективности с/х производства.

$K_B = 1,2$  – коэффициент интенсификации с/х производства.

$P_{cp}$  – средняя ширина полосы отвода.

Средняя цена земли  $S_3 = 1370$  р/га.

$$P_3 = \frac{0,08 + 1,2}{10000 \cdot 0,08^2} \cdot 30 \cdot 1370 \cdot 1000 = 8220000 \text{ р.}$$

$$P_0 = 350000 + 8220000 = 8570000 \text{ рублей.}$$

$C_T$  – стоимость затрат в исходном году.

$$C_m = C_m^{\partial.o.} + C_m^{nep} + C_m^{ДТП} = 10286 + 34532659 + 8566 = 3455151 \text{ руб}$$

$$C_T^{\partial.o.} - \text{затраты на капитальный ремонт } C_m^{\partial.o.} = C_0^{\partial.o.} \cdot \epsilon \cdot L = 0,19 \cdot 7,0 \cdot 8684 = 11550 \text{ р.}$$

$C_T^{ДТП}$  - потери связанные с ДТП.

$$C_m^{\partial mn} = 3,65 \cdot 10^{-6} \sum_1^n \frac{\Pi_{cpi} \cdot M_i \sum l_i \cdot a_{ii}}{(1 + E_{nn})^i}$$

$l_i$  – длина участка, 8684м.

$$a_{ii} = 0,009 \cdot K_{умог} - 0,27 \cdot K_{умог} + 34,5 = 0,09 \cdot 1,39 - 0,27 \cdot 1,39 + 34,5 = 34,24$$

$\Pi_{cp,ii}$  - средняя величина потерь от одного ДТП.  $C_{cp,ii} = 3693$  рубля

$M_{ii} = m_1 \cdot m_2 \cdot \dots \cdot m_{11} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1,4 \cdot 0,8 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1 = 1,12$  - стоимостной коэффициент.

$$N_{ii} = 3985 \text{ авт/сут.}$$

$$C_m^{\partial mn} = 3,65 \cdot 10^{-6} \sum_1^{T_{ca}} \frac{3693 \cdot 1,12 \cdot 8684 \cdot 34,24}{(1 + 0,08)^{20}} = 9629$$

Затраты, связанные с потерей времени при доставке.

$$C_m^{nep} = T_{раб} \cdot N_{cp} \cdot L_i \left( S_{nep} + \frac{S_{ном} + \alpha}{V_{cp}} \right) = 275 \cdot 2024 \cdot 8,684 \left( 7,29 + \frac{39 + 34,24}{100} \right) = 38776385 \text{ р.}$$

$$\begin{aligned} P_{прив} &= \frac{0,12}{0,08} \cdot 8570000 + \frac{38776385}{(1 + 0,08)^1} + \frac{38776385}{(1 + 0,08)^2} + \frac{38776385}{(1 + 0,08)^3} + \frac{38776385}{(1 + 0,08)^4} + \frac{38776385}{(1 + 0,08)^5} + \frac{38776385}{(1 + 0,08)^6} + \\ &+ \frac{38776385}{(1 + 0,08)^7} + \frac{38776385}{(1 + 0,08)^8} + \frac{38776385}{(1 + 0,08)^9} + \frac{38776385}{(1 + 0,08)^{10}} + \frac{38776385}{(1 + 0,08)^{11}} + \frac{38776385}{(1 + 0,08)^{12}} + \frac{38776385}{(1 + 0,08)^{13}} + \\ &+ \frac{38776385}{(1 + 0,08)^{14}} + \frac{38776385}{(1 + 0,08)^{15}} + \frac{38776385}{(1 + 0,08)^{16}} + \frac{38776385}{(1 + 0,08)^{17}} + \frac{38776385}{(1 + 0,08)^{18}} + \frac{38776385}{(1 + 0,08)^{19}} + \\ &+ \frac{38776385}{(1 + 0,08)^{20}} = 5092622 \text{ рублей} \end{aligned}$$

Оценка 2<sup>го</sup> варианта трассы.

1. Степень удовлетворения общегосударственных требований.
2. Степень устойчивости конструкций дороги.
3. Условия организации строительства.
4. Техничко-эксплуатационные показатели.

Коэффициент удлинения:

$$K_{y\partial} = \frac{L_{mp}}{L_0} = \frac{8763}{8500} = 1,03$$

Средняя величина угла поворота:

$$rad_{cp} = \frac{\sum rad}{L} = \frac{1,53}{8,763} = 0,17 \text{ рад/км}$$

$$rad = \frac{\alpha \cdot \pi}{180} = \frac{88 \cdot 3,14}{180} = 1,53 \text{ рад.}$$

Средний радиус закругления:

$$R_{cp} = \frac{\sum K}{\sum rad} = \frac{3283,22}{1,53} = 2146 \text{ м/рад}$$

Коэффициент безопасности:

$$K_{БЕЗ} = \frac{V_{MIN}}{V_{MAX}}, \text{ где}$$

$V_{MIN}$  – Максимальная скорость на данном варианте трассы, км/час;

$V_{MAX}$  – Минимальная скорость на данном варианте трассы, км/час.

$$K_{БЕЗ} = \frac{V_{MIN}}{V_{MAX}} = \frac{100}{100} = 1;$$

Средневзвешенный коэффициент аварийности

$$K_{CP}^{AB} = \frac{\sum K_i \times l_i}{L}, \text{ где}$$

$K_i$  – Итоговый коэффициент аварийности на  $i$ -ом участке трассы;

$l_i$  – Длина  $i$ -ого участка трассы, м;

$L$  – Длина варианта трассы, м.

$$K_{CP}^{AB} = \frac{\sum K_i \times l_i}{L} = \frac{(2,45 \cdot 1000) + (1,155 \cdot 900) + (1,35 \cdot 1200) + (1,155 \cdot 1300) + (1,41 \cdot 500)}{8763}.$$

$$\frac{(2,88 \cdot 500) + (1,29 \cdot 300) + (1,155 \cdot 3063)}{8763} = \frac{12681}{8763} = 1,44$$

#### 5. Стоимость строительства.

Стоимость одного километра дороги  $P_0 = 350000$  руб.

Средняя цена земли  $S_3 = 1370$  руб/га.

#### 6. Эксплуатационно-транспортные показатели.

Среднетехническая скорость:

Время пробега характеризуется среднетехнической скоростью:

$$V_{CP.T} = \frac{\Omega}{L}, \text{ где}$$

$\Omega$  – Площадь, снятая с эпюры скоростей;

$L$  – Длина варианта трассы.

$$V_{CP.T} = \frac{\Omega}{L} = \frac{876,3}{8,763} = 100 \text{ км /час};$$

Время доставки грузов:

$$t = \frac{L}{V_{CP.T}}$$

$$t = \frac{L}{V_{CP.T}} = \frac{8763}{27,78} = 283 \text{ сек};$$



$$T = \frac{L_{\phi}}{V_{CP.T}} N = \frac{8763}{27,78} \cdot 3985 = 1127936 \text{сек.}$$

7. Техничко – экономическое сравнение.

Стоимость одного километра дороги  $P_0 = 350000$  руб.

Средняя цена земли  $S_3 = 1370$  руб/га

Продолжительность работы дороги в году  $D = 275$  дней.

Для данного расчёта используем метод суммарных приведенных затрат.

$$P_{np} = \frac{E_n}{E_{nn}} \cdot P_{np} + \sum_{i=1}^m \frac{C_m}{(1 + E_{nn})^t}$$

$E_n$  – Отраслевой нормативный коэффициент капиталовложений - 0,12.

$E_{np}$  – Коэффициент приведения разновременных затрат к базисному году – 0,08

$P_0$  – Сметная стоимость 1 км дороги

$C_T$  – Текущие затраты в базисном году

$t = 20$  лет, срок службы до капитального ремонта

$P_0 = P_c + P_3$ .

$P_c$  – Сметная стоимость 1 км дороги.  $P_c = 350000$  руб.

$P_3$  - Потери связанные с отводом земли.

$$P_3 = \frac{E_3 + K_B}{10000E_3^2} \cdot P_{cp} \cdot S_3 \cdot L$$

$E_3 = 0,08$  – Коэффициент эффективности с/х производства

$K_B = 1,2$  – Коэффициент интенсификации с/х производства

$P_{cp}$  – Средняя ширина полосы отвода

Средняя цена земли  $S_3 = 1370$  руб/га

$$P_3 = \frac{0,08 + 1,2}{10000 \cdot 0,08^2} \cdot 30 \cdot 1370 \cdot 1000 = 822000 \text{руб.}$$

$P_0 = 350000 + 822000 = 1172000$  руб.

$C_T$  – стоимость затрат в исходном году

$$C_m = C_m^{\partial.o.} + C_m^{nep} + C_m^{ДПП} = 10297 + 34568380 + 8575 = 34587252 \text{руб.}$$

$C_T^{\partial.o.}$  - Затраты на капитальный ремонт  $C_m^{\partial.o.} = C_0^{\partial.o.} \cdot e \cdot L = 0,19 \cdot 7,0 \cdot 8763 = 11655 \text{руб.}$

$C_T^{ДПП}$  - Потери связанные с ДТП

$$C_m^{\partial mn} = 3,65 \cdot 10^{-6} \sum_1^n \frac{\Pi_{cpt} \cdot M_t \sum l_i \cdot a_{ti}}{(1 + E_{nn})^t}$$

$l_i$  – Длина участков

$$a_{ti} = 0,009 \cdot K_{умог} - 0,27 \cdot K_{умог} + 34,5 = 0,09 \cdot 1,44 - 0,27 \cdot 1,44 + 34,5 = 34,24$$

$\Pi_{cp,ti}$  - средняя величина потерь от одного ДТП.  $C_{cp,ti} = 3693$  рубля

$$M_{ti} = m_1 \cdot m_2 \cdot \dots \cdot m_{11} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1,4 \cdot 0,8 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1 = 1,12 \text{ -Стоимостной}$$

коэффициент

$$N_{ti} = 3985 \text{ прив. авт/сут}$$

$$C_m^{\partial mn} = 3,65 \cdot 10^{-6} \sum_l^{T_{ca}} \frac{3693 \cdot 1,12 \cdot 8763 \cdot 34,24}{(1 + 0,08)^{20}} = 9717$$

Затраты, связанные с потерей времени при доставке.

$$C_m^{nep} = T_{pab} \cdot N_{cp} \cdot L_i \left( S_{nep} + \frac{S_{ном} + \alpha}{V_{cp}} \right) = 275 \cdot 2024 \cdot 8,763 \left( 7,29 + \frac{39 + 34,24}{100} \right) = 39129142 \text{руб.}$$

$$\begin{aligned} P_{прив} &= \frac{0,12}{0,08} \cdot 1172000 + \frac{39129142}{(1+0,08)^1} + \frac{39129142}{(1+0,08)^2} + \frac{39129142}{(1+0,08)^3} + \frac{39129142}{(1+0,08)^4} + \frac{39129142}{(1+0,08)^5} + \frac{39129142}{(1+0,08)^6} + \\ &+ \frac{39129142}{(1+0,08)^7} + \frac{39129142}{(1+0,08)^8} + \frac{39129142}{(1+0,08)^9} + \frac{39129142}{(1+0,08)^{10}} + \frac{39129142}{(1+0,08)^{11}} + \frac{39129142}{(1+0,08)^{12}} + \frac{39129142}{(1+0,08)^{13}} + \\ &+ \frac{39129142}{(1+0,08)^{14}} + \frac{39129142}{(1+0,08)^{15}} + \frac{39129142}{(1+0,08)^{16}} + \frac{39129142}{(1+0,08)^{17}} + \frac{39129142}{(1+0,08)^{18}} + \frac{39129142}{(1+0,08)^{19}} + \\ &+ \frac{39129142}{(1+0,08)^{20}} = 51984142 \text{руб.} \end{aligned}$$

Вывод: по технико-экономическому обоснованию, выигрывает первый вариант трассы. Для дальнейшего проектирования выбираем первый вариант трассы.

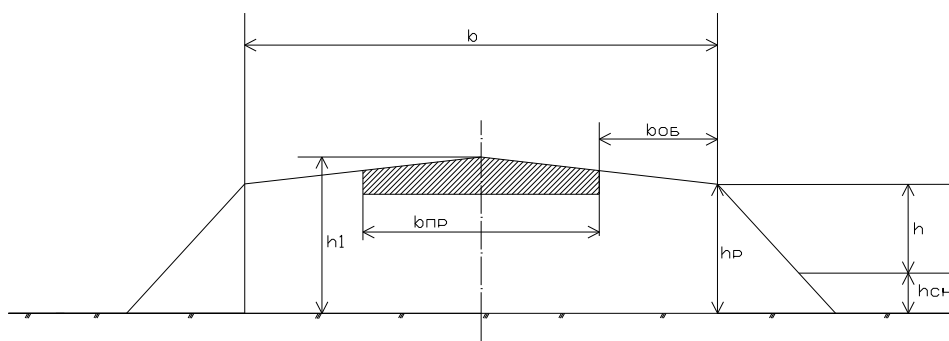
## 6 Продольный профиль для выбранного варианта трассы

### 6.1 Обоснование руководящих отметок и контрольных точек проектной линии

Руководящие отметки необходимы для того, что бы установить оптимальную высоту насыпи, которая обеспечит нормальные условия эксплуатации земляного полотна. По условия увлажнения разделяют три типа местности:

1. Сухие участки
2. Сырые участки с избыточным увлажнением в отдельные периоды года.
3. Мокрые участки с постоянно избыточным увлажнением.

Для первого типа местности высота насыпи назначается из условия снегозаносимости.



Условие снегозаносимости заключается в том, что бы отметка бровки насыпи должна быть не менее величины  $h_p = h_{сн} + \Delta h = 0.7 + 0.6 = 1,3$  м.

$h_{сн}$  - расчетная толщина снежного покрова с обеспеченностью 5 %,

$\Delta h$  - возвышение бровки насыпи над уровнем снежного покрова для 4 категории дороги 0,6 метров.

$$h_1 = h_p + i_{об} * e_{об} + i_{np} * e_{np} / 2 = 1,3 + 0.04 * 3,75 + 0.02 * 7,5 / 2 = 1,52 \text{ м.}$$

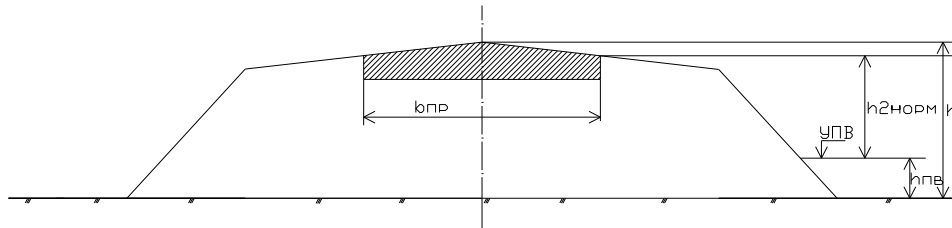
$$i_{np} = 20 \text{ ‰.}$$

$$i_{об} = 40$$

Для второго типа местности руководящие отметки определяются:

1. от верха покрытия дорожной одежды до поверхности земли

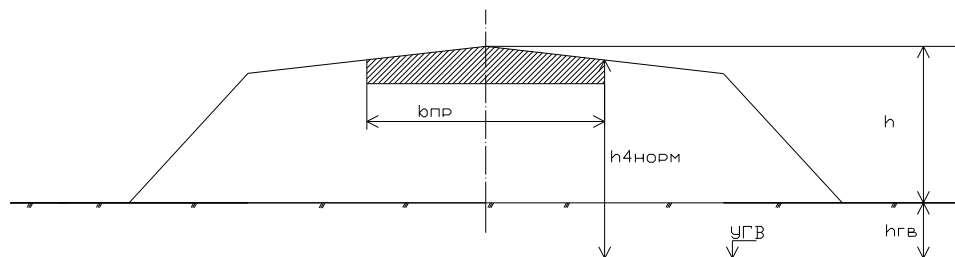
2. от верха покрытия дорожной одежды до уровня поверхностных вод, при этом считают, что поверхностный сток не обеспечен, но вода стоит не более 30 суток.



$$h_2 = h_{пв} + h^{нор} + i_{np} * e_{np} / 2 = 0,3 + 1 + 0,02 * 7,5 / 2 = 1,375 \text{ м.}$$

$h^{нор}$  – возвышение покрытия поверхности дорожной одежды над поверхностью земли,

$h_{пв}$  – высота уровня поверхностных вод.  $h_1^{нор} = 1 \text{ м.}$   $h_{пв} = 0,3 \text{ м}$



$$h_3 = h^{нор} - h_{гв} + i_{np} * e_{np} / 2 = 1,2 + 0,23 + 0,02 * 7,5 / 2 = 1,5 \text{ м}$$

К контрольным отметкам относят начало и конец трассы, отметки проезжих частей мостов и путепроводов. Минимальные отметки насыпи над трубами, отметки головки рельса железных дорог и отметки проезжих частей, существующих дорог на пересечениях в одном уровне.

## 6.2 Описание проектной линии

Проектная линия данной трассы проложена методом тангенсов. Наибольшая высота насыпи 8,06 м. Выемки отсутствуют. Вписано девять вертикальных кривых. Максимальный продольный уклон 52 ‰. Проектная линия построена так, что, на всем протяжении трассы обеспечена расчетная видимость в продольном профиле.

## 7 Поперечные профили дороги

Поперечные профили назначают в зависимости от высоты насыпи или глубины выемки, а также от грунтовых условий с учетом природных особенностей района строительства.

В соответствии с п. 7.4. СП 34.13330.2012 при проектировании земляного полотна следует применять типовые или индивидуальные решения. Индивидуальные решения применяются на слабых основаниях, при использовании грунтов высокой влажности, высоких (более 12 м) насыпях и глубоких (более 12 м) выемок.

### Насыпи

Тип 1. Насыпь до 3м. Заложение откосов 1:4 с кюветами

Тип 2. Насыпь от 3 до 6м. Заложение откосов 1:4 без кюветов

Тип 3. Насыпь от 6 до 12м. С переменным заложением откосов 1:1,5 и 1:1,75

Таблица 8 – Привязка поперечных профилей земляного полотна

Тип поперечного профиля		Местоположение		Расстояние, м
Слева	Справа	От ПК	До ПК	
1	1	00+00	7+20	720
2	2	7+20	12+55	535
1	1	12+55	13+45	90
2	2	13+45	14+25	80
1	1	14+25	17+15	290
2	2	17+15	19+75	260
3	3	19+75	22+45	270
2	2	22+45	23+50	105

1	1	23+50	26+50	300
2	2	26+50	30+30	380
1	1	30+30	31+95	165
2	2	31+95	32+80	85
3	3	32+80	35+45	265
2	2	35+45	36+65	120
3	3	36+65	40+75	410
2	2	40+75	44+65	390
1	1	44+65	46+05	140
2	2	46+05	47+05	100
3	3	47+05	48+80	175
2	2	48+80	52+05	325
1	1	52+05	57+10	505
2	2	57+10	58+00	90
3	3	58+00	59+35	135
2	2	59+35	60+15	80
1	1	60+15	62+95	280
2	2	62+95	63+95	100
3	3	63+95	65+00	105
2	2	65+00	67+65	265
1	1	67+65	86+84	1919

## 8 Проект полосы отвода

**Полоса отвода автомобильной дороги - земельные участки** (независимо от категории земель), которые предназначены для размещения конструктивных элементов автомобильной дороги, дорожных сооружений и на которых располагаются или могут располагаться объекты дорожного сервиса.

Полоса отвода автомобильной дороги назначается согласно СН 467-74 Нормы отвода земель для автомобильных дорог.

В таблице 11 приведены нормы отвода для III т.к. дороги.

Таблица 11

Высота насыпи, м	Ширина полос земель для автомобильных дорог III категории с двух полосным, движением, м									
	на равнинной местности с поперечными уклонами от 0 до 9%					на пересеченной местности с поперечными уклонами от 10% и выше				
	С заложением откосов земляного полотна									
	постоянным			переменной крутизны		постоянным			Переменной крутизны	
	1:4	1 : 3	1:2	1:1,75 и 1:2	1: 1,5 и 1:1,75	1:4	1:3	1:2	1 : 1.5 и 1:2	1:1,5 и 1:1,75
1	<u>31</u>	<u>27</u>	<u>24</u>	<u>23</u>	<u>22</u>	<u>39</u>	<u>33</u>	<u>30</u>	<u>29</u>	<u>28</u>
	40	35	31	29	26	42	38	34	33	33
1.5	<u>35</u>	<u>30</u>	<u>26</u>	<u>24</u>	<u>24</u>	<u>43</u>	<u>36</u>	<u>32</u>	<u>31</u>	<u>30</u>
	57	50	43	40	39	53	45	41	39	38
2	<u>30</u>	<u>26</u>	<u>22</u>	<u>21</u>	<u>20</u>	<u>48</u>	<u>36</u>	<u>34</u>	<u>33</u>	<u>31</u>
	70	64	58	54	51	63	50	46	45	43
3	-	-	26	25	23	-	-	35	63	32
4	-	-	30	28	26	-	-	39	37	35
5	-	-	34	32	29	-	-	43	41	38
6	-	-	38	35	32	-	-	47	45	41
7	-	-	42	39	36	-	-	52	49	45
8	-	-	46	43	39	-	-	55	53	48
9	-	-	50	47	43	-	-	60	56	52
10	-	-	54	51	47	-	-	-	-	-
11	-	-	58	55	50	-	-	-	-	-
12	-	-	62	59	53	-	-	-	-	-

Примечание: В числителе приведены нормы полосы отвода земель при отсутствии боковых резервов, в знаменателе – с учетом устройства боковых

резервов, если они являются постоянным конструктивным элементом земляного полотна.

Принимаем данные только из числителя, т.к. выпускной квалификационной работой не предусмотрены боковые резервы.

Поперечный уклон местности от 0 до 9 ‰.

График полосы отвода представлен на Листе 8 графической части.

## **9 Расчет объемов земляных работ**



Для составления проекта организации работ, выбора типов дорожных машин и оценки стоимости строительства должны быть определены объемы земляных работ.

Постоянными по всей длине дороги считаются параметры:

Ширина земляного полотна 12 м

Ширина канавы по дну 0,50м

Глубина канавы 0,30 м

Толщина дорожной одежды 0,71м

Толщина растительного слоя 0,30 м

Ширина покрытия дорожной одежды 7 м

Таблица 10 – Объёмы земляных работ

ПК	L,м	h,м	m	B <sub>к,низ</sub>	W <sub>к</sub>	B <sub>к,верх</sub>	F <sub>i</sub>	(F <sub>i</sub> +F <sub>i-1</sub> )/2	V <sub>н</sub>	V <sub>в</sub>	V <sub>н-до+раст</sub>	V <sub>в+до-раст</sub>
0	0	100	1,5	4	0,00	0,00	0,00	27,00	0	0	0	0
1	0	100	2,86	4	0,00	0,00	0,00	67,04	47,02	4579	0	4653
2	0	100	2,4	4	0,00	0,00	0,00	51,84	59,44	5930	0	6112
3	0	100	1,47	4	0,00	0,00	0,00	26,28	39,06	3849	0	3864
4	0	100	1,02	4	0,00	0,00	0,00	16,40	21,34	2121	0	1971
5	0	100	1,44	4	0,00	0,00	0,00	25,57	20,99	2087	0	1933
6	0	100	2,16	4	0,00	0,00	0,00	44,58	35,08	3473	0	3456
7	0	100	2,74	4	0,00	0,00	0,00	62,91	53,75	5352	0	5491
8	0	100	3,58	4	0,00	0,00	0,00	94,23	78,57	7810	0	8119
9	0	100	4,3	4	0,00	0,00	0,00	125,56	109,89	10955	0	11451
10	0	100	5,34	4	0,00	0,00	0,00	178,14	151,85	15113	0	15821
11	0	100	5,26	4	0,00	0,00	0,00	173,79	175,97	17596	0	18419
12	0	100	3,54	4	0,00	0,00	0,00	92,61	133,20	13123	0	13730
13	0	100	2,89	4	0,00	0,00	0,00	68,09	80,35	8007	0	8329
14	0	100	3,22	4	0,00	0,00	0,00	80,11	74,10	7403	0	7687
15	0	100	1,66	4	0,00	0,00	0,00	30,94	55,53	5391	0	5527
16	0	100	2,16	4	0,00	0,00	0,00	44,58	37,76	3760	0	3769
17	0	100	2,98	4	0,00	0,00	0,00	71,28	57,93	5748	0	5916
18	0	100	3,63	4	0,00	0,00	0,00	96,27	83,77	8349	0	8693
19	0	100	4,55	4	0,00	0,00	0,00	137,41	116,84	11627	0	12160
20	0	100	6,31	4	0,00	0,00	0,00	234,98	186,20	18413	0	19267
21	0	100	7,24	4	0,00	0,00	0,00	296,55	265,77	26519	0	27696
22	0	100	7,56	4	0,00	0,00	0,00	319,33	307,94	30787	0	32114
23	0	100	3,9	4	0,00	0,00	0,00	107,64	213,49	20456	0	21382
24	0	100	2,21	4	0,00	0,00	0,00	46,06	76,85	7494	0	7779
25	0	100	1,7	4	0,00	0,00	0,00	31,96	39,01	3883	0	3904
26	0	100	2,61	4	0,00	0,00	0,00	58,57	45,26	4471	0	4539
27	0	100	3,58	4	0,00	0,00	0,00	94,23	76,40	7577	0	7871
28	0	100	4,62	4	0,00	0,00	0,00	140,82	117,52	11680	0	12215

Продолжение таблицы 10

29	0	100	5	4	0,00	0,00	0,00	160,00	150,41	15031	0	15737
30	0	100	3,42	4	0,00	0,00	0,00	87,83	123,91	12225	0	12786
31	0	100	2,08	4	0,00	0,00	0,00	42,27	65,05	6385	0	6596
32	0	100	3,11	4	0,00	0,00	0,00	76,01	59,14	5843	0	6017
33	0	100	6,76	1,5	0,00	0,00	0,00	149,67	112,84	10951	0	10923

34	0	100	8,06	1,5	0,00	0,00	0,00	194,17	171,92	17149	0	17345	0
35	0	100	6,78	1,5	0,00	0,00	0,00	150,31	172,24	17183	0	17379	0
36	0	100	4,92	4	0,00	0,00	0,00	155,87	153,09	15078	0	16033	0
37	0	100	6,38	1,5	0,00	0,00	0,00	137,62	146,74	14621	0	14658	0
38	0	100	6,27	1,5	0,00	0,00	0,00	134,21	135,91	13591	0	13689	0
39	0	100	6,78	1,5	0,00	0,00	0,00	150,31	142,26	14220	0	14335	0
40	0	100	6,34	1,5	0,00	0,00	0,00	136,37	143,34	14329	0	14448	0
41	0	100	5,97	4	0,00	0,00	0,00	214,20	175,29	17520	0	18548	0
42	0	100	5,76	4	0,00	0,00	0,00	201,83	208,02	20799	0	21757	0
43	0	100	5,47	4	0,00	0,00	0,00	185,32	193,58	19352	0	20251	0
44	0	100	4,42	4	0,00	0,00	0,00	131,19	158,25	15752	0	16490	0
45	0	100	2,09	4	0,00	0,00	0,00	42,55	86,87	8325	0	8657	0
46	0	100	2,84	4	0,00	0,00	0,00	66,34	54,45	5407	0	5550	0
47	0	100	5,94	4	0,00	0,00	0,00	212,41	139,38	13297	0	13902	0
48	0	100	6,97	1,5	0,00	0,00	0,00	156,51	184,46	18420	0	18529	0
49	0	100	5,78	4	0,00	0,00	0,00	202,99	179,75	17881	0	18962	0
50	0	100	4,88	4	0,00	0,00	0,00	153,82	178,41	17787	0	18617	0
51	0	100	4,88	4	0,00	0,00	0,00	153,82	153,82	15382	0	16104	0
52	0	100	3,09	4	0,00	0,00	0,00	75,27	114,55	11241	0	11748	0
53	0	100	1,67	4	0,00	0,00	0,00	31,20	53,23	5189	0	5311	0
54	0	100	0,1	4	0,00	0,00	0,00	1,24	16,22	1457	0	1221	0
55	0	100	1,23	4	0,00	0,00	0,00	20,81	11,03	1017	0	728	0
56	0	100	1,99	4	0,00	0,00	0,00	39,72	30,27	2988	0	2925	0
57	0	100	2,86	4	0,00	0,00	0,00	67,04	53,38	5287	0	5420	0
58	0	100	6	4	0,00	0,00	0,00	216,00	141,52	13495	0	14109	0
59	0	100	6,89	1,5	0,00	0,00	0,00	153,89	184,94	18475	0	18583	0
60	0	100	3,42	4	0,00	0,00	0,00	87,83	120,86	11283	0	12071	0
61	0	100	0,92	4	0,00	0,00	0,00	14,43	51,13	4696	0	4768	0
62	0	100	0,74	4	0,00	0,00	0,00	11,07	12,75	1273	0	1023	0
63	0	100	3,05	4	0,00	0,00	0,00	73,81	42,44	3888	0	3894	0
64	0	100	6,02	1,5	0,00	0,00	0,00	126,60	100,21	9800	0	9737	0
65	0	100	6	1,5	0,00	0,00	0,00	126,00	126,30	12630	0	12699	0
66	0	100	4,91	4	0,00	0,00	0,00	155,35	140,68	13988	0	14849	0
67	0	100	3,73	4	0,00	0,00	0,00	100,41	127,88	12695	0	13283	0
68	0	100	2,69	4	0,00	0,00	0,00	61,22	80,82	8010	0	8331	0
69	0	100	1,91	4	0,00	0,00	0,00	37,51	49,37	4896	0	4999	0
70	0	100	1,34	4	0,00	0,00	0,00	23,26	30,39	3017	0	2958	0
71	0	100	1,03	4	0,00	0,00	0,00	16,60	19,93	1987	0	1822	0
72	0	100	0,94	4	0,00	0,00	0,00	14,81	15,71	1570	0	1358	0
73	0	100	0,8	4	0,00	0,00	0,00	12,16	13,49	1347	0	1107	0
74	0	100	0,86	4	0,00	0,00	0,00	13,28	12,72	1272	0	1022	0
75	0	100	1,06	4	0,00	0,00	0,00	17,21	15,25	1522	0	1303	0
76	0	100	1,3	4	0,00	0,00	0,00	22,36	19,79	1975	0	1809	0
77	0	100	1,41	4	0,00	0,00	0,00	24,87	23,62	2361	0	2237	0
78	0	100	1,32	4	0,00	0,00	0,00	22,81	23,84	2384	0	2262	0

Продолжение таблицы 10

79	0	100	2	4	0,00	0,00	0,00	40,00	31,40	3110	0	3059	0
80	0	100	2,11	4	0,00	0,00	0,00	43,13	41,56	4156	0	4200	0
81	0	100	2,05	4	0,00	0,00	0,00	41,41	42,27	4227	0	4277	0
82	0	100	2,1	4	0,00	0,00	0,00	42,84	42,13	4212	0	4261	0
83	0	100	2,15	4	0,00	0,00	0,00	44,29	43,57	4356	0	4417	0
84	0	100	2,02	4	0,00	0,00	0,00	40,56	42,43	4241	0	4293	0
85	0	100	1,95	4	0,00	0,00	0,00	38,61	39,59	3958	0	3986	0
86	0	100	2,06	4	0,00	0,00	0,00	41,69	40,15	4014	0	4047	0

86	84	100	1,5	4	0,00	0,00	0,00	27,00	34,35	3414	0	3392	0
									Итого:	795512	0	818693	0

## 10. Проектирование земляного полотна и дорожной одежды.

### 10.1 Конструирование поперечного профиля земляного полотна и дорожной одежды.

Дорожная одежда - это инженерная многослойная конструкция, воспринимающая нагрузку от транспортных средств и передающая ее на грунтовые основания или на подстилающий грунт.

В курсовом проекте разрабатывается два варианта дорожной одежды. При расчете дорожной одежды следует руководствоваться ОДН 218.046-2001

"Проектирование нежестких дорожных одежд». Рассчитывают два варианта конструкции дорожной одежды по трем условиям – по допускаемому упругому прогибу, на растяжение при изгибе, на сдвиг в грунте земляного полотна, затем проводят экономические сравнения вариантов дорожной одежды и выбирают оптимальный вариант.

Исходные данные:

- 1) Район проектирования Читинская область.
- 2) Проектируется одежда для дороги III категории.
- 3) Грунт земляного полотна в активной зоне песок крупный.
- 4) Местность по условиям увлажнения относится к 1 типу.
- 5) Перспективная интенсивность грузовых автомобилей составляет 3985 авт/сут, приращение интенсивности  $q=1,04$ ;
- 6) грунт рабочего слоя земляного полотна – супесь пылеватая с расчётной влажностью  $0,7 W_t$ , относится к сильнопучинистым грунтам;
- 7) глубина залегания грунтовых вод – 5,0 м.

В качестве расчетного автомобиля принимается автомобиль с наибольшей нагрузкой на одиночную ось равную 110 кН, с расчетным диаметром колеса 39 см и средним давлением на покрытие 0,6 МПа.

Вычисляем суммарное расчетное количество приложений расчетной нагрузки за срок службы по формуле (3.6):

$$\sum N_p = 0,7 N_p \frac{K_c}{q^{(T_{сл}-1)}} T_{рдг} k_n, \text{ где } K_c=29,8 \text{ (Приложение 6 табл. П 6.3)}$$

$$T_{рдг}=130 \text{ дней (табл. П.6.1), } k_n=1,49 \text{ (табл. 3.3)}$$

$$\sum N_p = 0,7 \cdot 3985 \cdot \frac{29,8}{1,04^{(20-1)}} \cdot 130 \cdot 1,49 = 7667485,36$$

Требуемый модуль упругости определяем по формуле (3.10)

$$E_{mp} = 98,65(\lg 7667485,36 - 3,25) = 359 \text{ МПа}$$

Согласно таблице 3.4 ОДН 218.046-01 требуемый модуль упругости для III т.к. при капитальном типе дорожной одежды должен быть не менее 200 МПа.

## 10.2. Расчет дорожной одежды нежесткого типа.

### Расчет первого варианта дорожной одежды.

Конструкция первого варианта дорожной одежды:

- 1) Верхний слой покрытия: плотный, горячий, асфальтобетон I марки, тип А, на битуме  $60/90$ ,  $h = 6\text{см}$ .
- 2) Нижний слой покрытия: пористый, горячий асфальтобетон I марки, тип А, на битуме  $60/90$ ,  $h = 7\text{см}$ .
- 3) Слой основания: черный щебень на битуме  $60/90$  по методу заклинки толщиной  $h = 8\text{см}$ ;
- 4) Верхний слой основания: ГЩС укрепленный цементом М40  $h = 15\text{см}$ ;
- 5) Подстилающий слой основания: Песок крупный  $h = 35\text{см}$ .

№	Наименование слоя дорожной одежды	Источник исходных данных по ОДН 218.046-2001	Расчет по:		
			Упругому прогибу, МПа	Сопротивлению сдвигу, МПа	Сопротивление растяжению при изгибе, МПа
1	асфальтобетон I марки, тип А, на битуме $60/90$ .	таб. ПЗ.1 таб. ПЗ.2 $t=10$ , $t=20^\circ\text{C}$	3200	1800	4500
2	асфальтобетон I марки, тип А, на битуме $60/90$ .	таб. П 3.1 таб. П 3.2 $t=10$ , $t=20^\circ\text{C}$	2000	1200	2800
3	черный щебень на битуме $60/90$ .	таб.ПЗ.5	900	900	900
4	ГЩС укрепленный цементом М40	таб.ПЗ.6	600	600	600
5	Песок крупный	Таб. ПЗ.9	130	130	130
6	Супесь пылеватая	Таб.ПЗ.5	$E_{ГР} = 46\text{МПа}$ ; $\varphi_{ГР} = 12\text{град}$ ; $C_{ГР} = 0,016\text{МПа}$ ;		

### 1. Расчет по упругому прогибу:

Расчетные характеристики материалов для первого варианта дорожной одежды.

№	Наименование слоя	$h_i, \text{см}$	$h_i / D_o$	$E_i, \text{МПа}$	$E_n / E_s$	$E_{общ} / E_s$	$E_{общ}, \text{МПа}$
1	асфальтобетон I марки, тип А, на битуме $60/90$ .	6	0,16	3200	0,08	0,14	448
2	асфальтобетон I марки, тип А, на битуме $60/90$ .	7	0,17	2000	0,09	0,15	300

3	черный щебень на битуме 60/90	8	0,21	900	0,15	0,20	180
4	ГЩС укрепленный цементом М40	15	0,38	600	0,14	0,23	138
5	Песок крупный	35	0,89	130	0,35	0,65	85
6	Супесь пылеватая						46

$D$  – диаметр следа колеса 39 см

$$1) \frac{E_H}{E_B} = \frac{E_{\text{супесь}}}{E_{\text{Песок}}} = \frac{46}{130} = 0,35; \quad \frac{h_e}{D} = \frac{h_{\text{Песок}}}{D} = \frac{35}{39} = 0,65;$$

По ОДН 218.046-2001 рис.3.1 «Номограмма для определения общего модуля упругости двухслойной системы  $E_{\text{общ}}$

$$E_{\text{общ}}^{\text{Песок}} = 0,65 \cdot 130 = 85 \text{ МПа};$$

$$2) \frac{E_{\text{общ}}}{E_B} = \frac{E_{\text{общ}}^{\text{Песок}}}{E_{\text{ГЩС}}} = \frac{85}{600} = 0,141; \quad \frac{h_e}{D} = \frac{h_{\text{ГЩС}}}{D} = \frac{15}{39} = 0,38;$$

$$E_{\text{общ}}^{\text{ГЩС}} = 0,23 \cdot 600 = 138 \text{ МПа};$$

$$3) \frac{E_H}{E_B} = \frac{E_{\text{общ}}^{\text{ГЩС}}}{E_{\text{ч.щ.}}} = \frac{138}{900} = 0,15; \quad \frac{h_e}{D} = \frac{h_{\text{ч.щ.}}}{D} = \frac{8}{39} = 0,20;$$

$$E_{\text{общ}}^{\text{ч.щ.}} = 0,2 \cdot 900 = 180 \text{ МПа};$$

$$4) \frac{E_H}{E_B} = \frac{E_{\text{общ}}^{\text{ч.щ.}}}{E^{a/61}} = \frac{180}{2000} = 0,09; \quad \frac{h_e}{D} = \frac{h^{a/61}}{D} = \frac{7}{39} = 0,179;$$

$$E_{\text{общ}}^{a/61} = 0,15 \cdot 2000 = 300 \text{ МПа};$$

$$5) \frac{E_H}{E_B} = \frac{E_{\text{общ}}^{a/61}}{E^{a/62}} = \frac{300}{3200} = 0,08; \quad \frac{h_e}{D} = \frac{h^{a/62}}{D} = \frac{6}{39} = 0,153;$$

$$E_{\text{общ}} = 0,14 \cdot 3200 = 448 \text{ МПа};$$

По таблице 3.4 ОДН 218.046-01 требуемый модуль упругости для III т.к. при капитальном типе дорожной одежды должен быть не менее 200 МПа, требование выполняется: 320 МПа > 200 МПа.

Общая толщина дорожной одежды.

$$h_{\text{ДО}} = 6 + 7 + 8 + 15 + 35 = 71 \text{ см};$$

Требуемый минимальный коэффициент  $K_n = 1,17$

$$\frac{E_{\text{общ}}}{E_{\text{тр}}} = \frac{448}{359} = 1,24 \text{ условие выполнено, следовательно, прочность}$$

обеспечена.

## 2. Расчет на сдвиг в грунте земляного полотна.

Так как дорожная одежда подстилается несвязным грунтом, проверим сдвигу в грунте земляного полотна.

$$T = \bar{\tau}_n * P;$$

$T$  - действующее напряжение сдвига, МПа,

$\bar{\tau}_n$  – активное удельное напряжение сдвига,

$P$  – расчетное давление колеса на покрытие.

Определяется средний модуль упругости дорожной одежды,  $E_{cp}$ :

$$E_{cp} = \frac{E_1 \cdot h_1 + \dots + E_n \cdot h_n}{h_1 + \dots + h_n} = \frac{1800 \cdot 6 + 1200 \cdot 7 + 900 \cdot 8 + 600 \cdot 15 + 130 \cdot 35}{71} = 563 \text{ МПа.}$$

Находим удельное сопротивление сдвигу  $\bar{\tau}_n$  по отношениям

$$\frac{E_{cp}}{E_{\sigma p}} = \frac{563}{46} = 12,2;$$

$$\frac{h_i}{D_\phi} = \frac{71}{39} = 1,82, \text{ при } \varphi_{cp} = 40^\circ;$$

По номограмме  $\bar{\tau}_n = 0,0145$ , отсюда активное напряжение сдвига

$$T = P \cdot \bar{\tau}_n = 0,53 \cdot 0,0145 = 0,007 \text{ МПа.}$$

Определим допускаемое напряжение:

$$T_{дон} = K_\phi \cdot C_N + 0,1 \cdot g_{cp} \cdot z_{он} \cdot tg \varphi = 0,003 \cdot 1 + 0,1 \cdot 0,002 \cdot 71 \cdot tg 40 = 0,0149$$

$$K_{np} = \frac{T_{дон}}{T} = \frac{0,0149}{0,007} = 2,12 \geq 1,38 - \text{условие прочности по сдвигу}$$

выполняется.

3. Расчет на сопротивление растяжению при изгибе монолитных слоев.

Рассчитывают нижний слой асфальтобетона, для которого:

$$E_{cp} = \frac{E_1 \cdot h_1 + \dots + E_n \cdot h_n}{h_1 + \dots + h_n} = \frac{4500 \cdot 6 + 2800 \cdot 7}{13} = 3584,61 \text{ МПа.}$$

Находим растягивающее напряжение от единичной силы  $\bar{\sigma}_R$  по отношениям  $\frac{E_{cp}}{E_{\sigma p}} = \frac{3584,61}{480} = 7,46; \frac{h_i}{D_\phi} = \frac{13}{39} = 0,39$

По номограмме  $\bar{\sigma}_R = 0,56$  отсюда полное растягивающее напряжение  $\sigma_R = P \cdot \bar{\sigma}_R \cdot k_\phi = 0,60 \cdot 0,56 \cdot 0,85 = 0,2856 \text{ МПа.}$

$k_\phi$  – коэффициент, учитывающий особенности напряженного состояния покрытия под колесом автомобиля. (0,85).

Допускаемое растягивающее напряжение при изгибе асфальтобетона:

$$R_{дон} = \bar{R} \cdot (1 - t \cdot V_R) \cdot K_Y \cdot K_m, \text{ где}$$

$\bar{R}$  – среднее значение сопротивления асфальтобетона растяжения при изгибе ( $\bar{R} = 8,00 \text{ МПа}$ );

$t$  – коэффициент нормированного отклонения  $\bar{R}$ , принимаемый в зависимости от заданного уровня надежности (1,71);

$V_R$  – коэффициент вариации прочности на растяжение при изгибе асфальтобетона (0,1);

$K_Y$  – коэффициент усталости,

$$K_Y = \frac{6,3}{\sqrt[4]{871701789}} = 0,1159$$

$K_m$  – коэффициент снижения прочности от воздействия природно-климатических факторов (1,0).

$$R_{дон} = 8 \cdot (1 - 1,71 \cdot 0,1) \cdot 0,80 \cdot 0,1159 = 0,4565 \text{ МПа};$$

$$K_{np} = \frac{R_{дон}}{\sigma_R} = \frac{0,4565}{0,2856} = 1,59 \geq 1 - \text{условие прочности на растяжение в}$$

монолитных слоях выполняется.

Расчет на морозоустойчивость не требуется т.к. песок и супесь не относятся к пучинистым грунтам. Выбранная конструкция удовлетворяет всем критериям прочности.

#### Расчет второго варианта дорожной одежды.

Конструкция первого варианта дорожной одежды:

- 1) Верхний слой покрытия: плотный, горячий, асфальтобетон I марки, тип А, на битуме  $60/90$ ,  $h = 6 \text{ см}$ .
- 2) Средний слой покрытия: пористый, горячий асфальтобетон I марки, тип А, на битуме  $60/90$ ,  $h = 7 \text{ см}$ .
- 3) Нижний слой покрытия: высокопористый, горячий асфальтобетон I марки, тип А, на битуме  $60/90$ ,  $h = 8 \text{ см}$ .
- 4) Верхний слой основания: ГЩС укрепленный цементом М40  $h = 20 \text{ см}$ ;
- 5) Подстилающий слой основания: ПГС  $h = 30 \text{ см}$ .

№	Наименование слоя дорожной одежды	Источник исходных данных по ОДН 218.046-2001	Расчет по:		
			Упругому прогибу, МПа	Сопротивлению сдвигу, МПа	Сопротивление растяжению при изгибе, МПа
1	асфальтобетон I марки, тип А, на битуме $60/90$ .	таб. ПЗ.1 таб. ПЗ.2 $t=10$ , $t=20^0\text{C}$	3200	1800	4500
2	асфальтобетон I марки, тип А, на битуме $60/90$ .	таб. П 3.1 таб. П 3.2 $t=10$ , $t=20^0\text{C}$	2000	1200	2800
3	асфальтобетон I марки, тип А, на	таб.ПЗ.1	2000	1200	2100



	битуме 60/90	таб. П 3.2 t=10, t=20°C			
4	ГЩС укрепленный цементом М40	таб.П3.6	400	400	400
5	ПГС С7	Таб. П3.8	180	180	180
6	Супесь пылеватая	Таб.П2.5	$E_{ГП} = 46 \text{ МПа}; \varphi_{ГП} = 12^\circ; C_{ГП} = 0,016 \text{ МПа};$		

### 1. Расчет по упругому прогибу:

Расчетные характеристики материалов для первого варианта дорожной одежды.

№	Наименование слоя	$h_i, \text{см}$	$h_i / D_\sigma$	$E_i, \text{МПа}$	$E_H / E_\sigma$	$E_{\text{общ}} / E_\sigma$	$E_{\text{общ}}, \text{МПа}$
1	асфальтобетон I марки, тип А, на битуме 60/90	6	0,16	3200	0,11	0,15	448
2	асфальтобетон I марки, тип А, на битуме 60/90	7	0,17	2000	0,15	0,18	360
3	асфальтобетон I марки, тип А, на битуме 60/90	8	0,205	2000	0,08	0,15	300
4	ГЩС укрепленный цементом М40	20	0,51	400	0,22	0,40	160
5	ПГС С7	30	0,76	180	0,25	0,48	86
6	Супесь пылеватая						46

D – диаметр следа колеса 39 см

$$1) \frac{E_H}{E_B} = \frac{E_{\text{супесь}}}{E_{\text{ПГС}}} = \frac{46}{180} = 0,25; \quad \frac{h_\sigma}{D} = \frac{h_{\text{ПГС}}}{D} = \frac{30}{39} = 0,76;$$

По ОДН 218.046-2001 рис.3.1 «Номограмма для определения общего модуля упругости двухслойной системы  $E_{\text{общ}}$

$$E_{\text{общ}}^{\text{Песок}} = 0,48 \cdot 180 = 86 \text{ МПа};$$

$$2) \frac{E_{\text{общ}}}{E_B} = \frac{E_{\text{общ}}^{\text{ПГС}}}{E_{\text{ПГС}}} = \frac{86}{400} = 0,22; \quad \frac{h_\sigma}{D} = \frac{h_{\text{ПГС}}}{D} = \frac{20}{39} = 0,51;$$

$$E_{\text{общ}}^{\text{ПГС}} = 0,4 \cdot 400 = 160 \text{ МПа};$$

$$3) \frac{E_H}{E_B} = \frac{E_{\text{общ}}^{\text{ПГС}}}{E^{a/63}} = \frac{160}{2000} = 0,08; \quad \frac{h_\sigma}{D} = \frac{h^{a/63}}{D} = \frac{8}{39} = 0,20;$$

$$E_{\text{общ}}^{\text{ч.ш.}} = 0,15 \cdot 2000 = 300 \text{ МПа};$$

$$4) \frac{E_H}{E_B} = \frac{E_{\text{общ}}^{a/63}}{E^{a/62}} = \frac{300}{2000} = 0,15; \quad \frac{h_\sigma}{D} = \frac{h^{a/62}}{D} = \frac{7}{39} = 0,179;$$

$$E_{\text{общ}}^{a/61} = 0,18 \cdot 2000 = 360 \text{ МПа};$$

$$5) \frac{E_H}{E_B} = \frac{E_{\text{общ}}^{a/62}}{E^{a/61}} = \frac{360}{3200} = 0,11; \quad \frac{h_8}{D} = \frac{h^{a/61}}{D} = \frac{6}{39} = 0,153;$$

$$E_{\text{общ}} = 0,14 \cdot 3200 = 448 \text{ МПа};$$

По таблице 3.4 ОДН 218.046-01 требуемый модуль упругости для III т.к. при капитальном типе дорожной одежды должен быть не менее 200 МПа, требование выполняется: 320 МПа > 200 МПа.

Общая толщина дорожной одежды.

$$h_{\text{ДО}} = 6 + 7 + 8 + 20 + 30 = 71 \text{ см};$$

Требуемый минимальный коэффициент  $K_n = 1,17$

$\frac{E_{\text{общ}}}{E_{\text{тр}}} = \frac{448}{359} = 1,24$  условие выполнено, следовательно, прочность обеспечена.

## 2. Расчет на сдвиг в грунте земляного полотна.

Так как дорожная одежда подстилается несвязным грунтом, проверим сдвигу в грунте земляного полотна.

$$T = \bar{\tau}_n \cdot P;$$

$T$  - действующее напряжение сдвига, МПа,

$\bar{\tau}_n$  - активное удельное напряжение сдвига,

$P$  - расчетное давление колеса на покрытие.

Определяется средний модуль упругости дорожной одежды,  $E_{\text{ср}}$ :

$$E_{\text{ср}} = \frac{E_1 \cdot h_1 + \dots + E_n \cdot h_n}{h_1 + \dots + h_n} = \frac{3200 \cdot 6 + 2000 \cdot 7 + 2000 \cdot 8 + 400 \cdot 15 + 180 \cdot 35}{71} = 881,69 \text{ МПа}.$$

Находим удельное сопротивление сдвигу  $\bar{\tau}_n$  по отношениям

$$\frac{E_{\text{ср}}}{E_{\text{гр}}} = \frac{881,69}{120} = 7,34;$$

$$\frac{h_i}{D_o} = \frac{71}{39} = 1,82, \text{ при } \varphi_{\text{гр}} = 40^\circ;$$

По номограмме  $\bar{\tau}_n = 0,0143$ , отсюда активное напряжение сдвига

$$T = P \cdot \bar{\tau}_n = 0,53 \cdot 0,0143 = 0,0075 \text{ МПа}.$$

Определим допускаемое напряжение:

$$T_{\text{дон}} = K_o \cdot C_N + 0,1 \cdot g_{\text{ср}} \cdot z_{\text{он}} \cdot \text{tg} \varphi = 0,003 \cdot 1 + 0,1 \cdot 0,002 \cdot 71 \cdot \text{tg} 40 = 0,0153$$

$$K_{\text{нр}} = \frac{T_{\text{дон}}}{T} = \frac{0,0153}{0,0075} = 2,18 \geq 1,38 - \text{условие прочности по сдвигу}$$

выполняется.

## 3. Расчет на сопротивление растяжению при изгибе монолитных слоев.

Рассчитывают нижний слой асфальтобетона, для которого:

$$E_{\text{ср}} = \frac{E_1 \cdot h_1 + \dots + E_n \cdot h_n}{h_1 + \dots + h_n} = \frac{4500 \cdot 6 + 2800 \cdot 7 + 2100 \cdot 8}{21} = 3019,04 \text{ МПа}.$$

Находим растягивающее напряжение от единичной силы  $\bar{\sigma}_R$  по отношению  $\frac{E_{cp}}{E_{zp}} = \frac{3019,04}{380} = 7.94; \frac{h_i}{D_o} = \frac{21}{39} = 0,53$

По номограмме  $\bar{\sigma}_R = 0.96$  отсюда полное растягивающее напряжение  $\sigma_R = P \cdot \bar{\sigma}_R \cdot \kappa_{\delta} = 0,60 \cdot 0.96 \cdot 0,85 = 0.4896 \text{ МПа}$ .

$\kappa_{\delta}$  - коэффициент, учитывающий особенности напряженного состояния покрытия под колесом автомобиля. (0,85).

Допускаемое растягивающее напряжение при изгибе асфальтобетона:

$$R_{дон} = \bar{R} \cdot (1 - t \cdot V_R) \cdot K_Y \cdot K_m, \text{ где}$$

$\bar{R}$  - среднее значение сопротивления асфальтобетона растяжения при изгибе ( $\bar{R} = 9.80 \text{ МПа}$ );

$t$  - коэффициент нормированного отклонения  $\bar{R}$ , принимаемый в зависимости от заданного уровня надежности (1,71);

$V_R$  - коэффициент вариации прочности на растяжение при изгибе асфальтобетона (0,1);

$K_Y$  - коэффициент усталости,

$$K_Y = \frac{6.3}{\sqrt[4]{871701789}} = 0.1159$$

$K_m$  - коэффициент снижения прочности от воздействия природно-климатических факторов (1,0).

$$R_{дон} = 9,80 \cdot (1 - 1,71 \cdot 0,1) \cdot 0.80 \cdot 0.1159 = 0.7532 \text{ МПа};$$

$$K_{np} = \frac{R_{дон}}{\sigma_R} = \frac{0.7532}{0.4896} = 1,53 \geq 1 - \text{условие прочности на растяжение в}$$

монолитных слоях выполняется.

Расчет на морозоустойчивость не требуется т.к. песок и супесь не относятся к пучинистым грунтам. Выбранная конструкция удовлетворяет всем критериям прочности.

### 7. 3 Экономическое сравнение вариантов дорожной одежды.

Варианты конструкций дорожной одежды сравниваются по минимуму суммарных затрат, приведенных к первому году эксплуатации дороги. Сумма приведенных затрат складывается из капитальных вложений и текущих расходов за срок службы до капитального ремонта наиболее долговечного из сравниваемых вариантов.

Приведенные суммарные затраты, сравнение ведём только по стоимости:

$$P_{np} = \frac{E_n}{E_{nn}} \cdot [K_p \cdot K_0], \text{ где}$$

$K_0$  - сметная стоимость строительства дорожной одежды;

$K_p$  - затраты на капитальный ремонт;

Стоимость строительства 1 км дорожной одежды:

$$K_0 = 0,1 \cdot B_n \cdot \sum_{i=1}^k (S_i \cdot h_i), \text{ где}$$

$$K_0^1 = 0,1 \cdot 7 \cdot [3,86 \cdot 0,06 + 3,51 \cdot 0,07 + 2,69 \cdot 0,08 + 0,94 \cdot 0,15 + 1,4 \cdot 0,35] = 9,23 \text{ тыс. руб.}$$

$$K_0^2 = 0,1 \cdot 7 \cdot [3,86 \cdot 0,06 + 3,51 \cdot 0,07 + 3,04 \cdot 0,08 + 0,94 \cdot 0,2 + 0,59 \cdot 0,3] = 7,52 \text{ тыс. руб.}$$

$B_n$  - ширина проезжей части (7 м);

$k$  - количество конструктивных слоев дорожной одежды;

$h_i$  - толщина слоя;

$S_i$  - укрупненный показатель стоимости слоя;

Затраты на капитальный ремонт и текущий ремонт 1 км дорожной одежды:

$$K_{кр} = 0,01 \cdot P_{кр} \cdot K_0;$$

$$K_{кр}^1 = 0,01 \cdot 43 \cdot 9,23 = 3,96 \text{ тыс. руб.}$$

$$K_{кр}^2 = 0,01 \cdot 43 \cdot 7,52 = 3,23 \text{ тыс. руб.}$$

$$1) P_{np} = \frac{0,12}{0,08} \cdot [9,23 \cdot 3,96] = 54,82 \text{ тыс. руб.}$$

$$2) P_{np} = \frac{0,12}{0,08} \cdot [7,52 \cdot 3,23] = 36,43 \text{ тыс. руб.}$$

Вывод: на основании экономических расчетов второй вариант конструкции дорожной одежды экономически выгоднее.

## 11 Решение вопросов водоотвода

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРУБЫ НА ПК 21+81,20

#### 11.1 Расчет ливневого стока

Задаем вероятность превышения расчетного максимального расхода воды (ВП) согласно СНиП 35.13330.2011 «Мосты и трубы» ВП=2%. Сначала на карте с планом трассы карандашом намечаем границы водосборного бассейна для проектирования малого сооружения. Затем определяем следующие параметры:

- Площадь водосборного бассейна  $F=0,81\text{ км}^2$ ;
- Длина бассейна  $L=500\text{ м}$ ;
- Средний уклон бассейна,

$$i = \frac{H_3 - H_o}{L} \quad (5)$$

где  $H_3$ ,  $H_o$  - отметки дна в вершине бассейна и створе сооружения соответственно;

$$i = \frac{H_3 - H_o}{L} = \frac{352,0 - 314,62}{500} = 37\text{ ‰}$$

- Уклон бассейна в створе сооружения

$$i_c = \frac{H_6 - H_n}{100} \quad (6)$$

где  $H_6$ ,  $H_n$  - отметки дна бассейна на расстоянии 50м от оси дороги вверх и низ по течению соответственно;

$$i_c = \frac{H_6 - H_n}{100} = \frac{316,0 - 314,0}{100} = 20\text{ ‰}$$

9.2 Значение расхода ливневых вод вычисляется по формуле

$$Q_{\text{л}} = 16,7 \times a_q \times K_t \times \alpha \times \varphi \times F \quad (10)$$

$$Q_{\text{л}} = 16,7 \times a_q \times K_t \times \alpha \times \varphi \times F = 16,7 \times 1,01 \times 4,11 \times 0,20 \times 0,595 \times 0,81 = 6,68 \text{ м}^3/\text{с},$$

где  $a_q$  - интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин,

Номер ливневого района 6.

Вероятность превышения(ВП) для дороги II категории = 2%

$$a_q = 1,01;$$

$K_t$  - коэффициент перехода от интенсивности ливня часовой продолжительности к интенсивности ливня расчетной продолжительности, ( в зависимости от длины тальвега  $L=0,5$  км, уклона бассейна  $i=0,020$ )

$$K_t = 4,11;$$

$\alpha$  - коэффициент потерь стока

Определяется в зависимости от  $F=0,81$  км<sup>2</sup> и вида грунта в тальвеге –Песок гравелистый.

$$\alpha = 0,2;$$

$\varphi$  - коэффициент редукции, при  $F \geq 0,1$  км<sup>2</sup> :

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt[4]{10F}} \quad (11)$$

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt[4]{10F}} = 0,595.$$

### 11.3 Расчет стока талых вод

Максимальный расчет талых вод находится по формуле:

$$Q_m = \frac{\kappa_0 \cdot h_p \cdot F \cdot \delta_1 \cdot \delta_2}{(F + 1)^n} \quad (12)$$

$$Q_m = \frac{\kappa_0 \cdot h_p \cdot F \cdot \delta_1 \cdot \delta_2}{(F + 1)^n} = \frac{0,02 \cdot 252 \cdot 0,81 \cdot 1 \cdot 1}{(0,81 + 1)^{0,25}} = 3,52 \text{ м}^3/\text{с},$$

где  $\kappa_0$  - коэффициент дружности половодья,  $\kappa_0 = 0,02$ ;

$h_p$  - расчетный слой суммарного слоя той же вероятности превышения, что и расчетный расход, мм,  $h_p = 252$ ;

$\delta_1$  - коэффициент заозерности;  $\delta_1 = 1$ ;

$\delta_2$  - коэффициент залесенности и заболоченности,  $\delta_2 = 1$ ;

$n$  - показатель степени,  $n = 0,25$ .

Расчетный слой суммарного стока вычисляется по формуле:

$$h_p = h' \cdot K_p \quad (13)$$

$$h_p = h' \times K_p = 90 \times 2,8 = 252 \text{ мм};$$

где  $h'$  - средний многолетний слой стока, определяемый по карте средних слоев талых вод,  $h' = 90$ ;

$K_p$  - модульный коэффициент, зависящий от ВП и характеристик закона распределения половодья (коэффициента вариации  $C_v$  и коэффициента асимметрии  $C_s$ ),  $K_p = 2,8$ .

Для того чтобы вычислить  $K_p$ , необходимо:

- По карте коэффициентов вариации слоев стока талых вод, определить значение коэффициента вариации  $C_{v, \text{карт}}$ ,  $C_{v, \text{карт}} = 0,45$ ;
- Умножить его на поправочный коэффициент  $K_{\text{попр}}$ , так как карта составлена для бассейнов площадью более  $200 \text{ км}^2$ , и тем самым получить расчетный коэффициент вариации

$$C_v = C_{v, \text{карт}} \times K_{\text{попр}} \quad (14)$$

$$C_v = C_{v, \text{карт}} \times K_{\text{попр}} = 0,50 \times 1,25 = 0,63;$$

- По графикам для расчетных величин  $P$  (вероятность превышения),  $C_s$  и  $C_v$  найти значение модульного коэффициента слоя стока  $K_p = 3,0$

Для водосборов малой площади коэффициенты  $\delta_1$  и  $\delta_2$  можно принимать равными 1, т.к. озера встречаются там так редко, а лес часто вырубается во время строительства автомобильной дороги.

#### *11.4 Назначение расчетного максимального расхода воды*

Расчетным считают расход воды, на пропуск которого проектируется малое искусственное сооружение. За расчетный принимается максимальный расход ливневых вод  $Q_p = Q_{\text{л}} = 6,68 \text{ м}^3/\text{с}$ .

### *11.5 Расчет размеров отверстия малого искусственного сооружения*

Так как в курсовом проекте режим протекания воды в трубе безнапорный, при котором входное отверстие не затоплено и на всем протяжении трубы поток имеет свободную поверхность; глубина воды перед трубой

$$H \leq 1,2h_{\text{вх}} \quad (15)$$

где  $h_{\text{вх}}$  - высота входного отверстия.

Отверстие проектируемой трубы зависит от расчетного расхода воды  $Q_p$ , а также от глубины водосборного бассейна у сооружения.

Для значения расчетного расхода размер отверстия трубы подбирают по таблицам гидравлических характеристик типовых труб. При этом необходимо, чтобы табличное значение расхода воды было равным или немного больше расчетного, а соответствующее ему табличное значение глубины воды перед трубой не превосходило глубину бассейна у сооружения  $H_6$ .

#### *Гидравлический расчёт трубы*

1. По таблицам пропускной способности для безнапорного режима подбираем размеры трубы по значению расчетного расхода воды, принимаем диаметр трубы 1,5м.

2. Определяем критическую глубину (расчет ведем графо-аналитическим способом).

$$h_{\text{кр}} = \frac{3}{4}d = \frac{3}{4} \times 1,5 = 1,125 \text{ м} \quad (16)$$

Ширина потока по верху:

$$b = 2\sqrt{h \times d - h^2} \quad (17)$$

Смоченный периметр:



$$l = \sqrt{b^2 + \frac{16}{3} \times h^2} \quad (18)$$

Площадь затопленного сечения:

$$\omega = \frac{1}{2} \left( l \times \frac{d}{2} - b \left( \frac{d}{2} - h \right) \right) \quad (19)$$

Полученные значения заносим в таблицу 9.

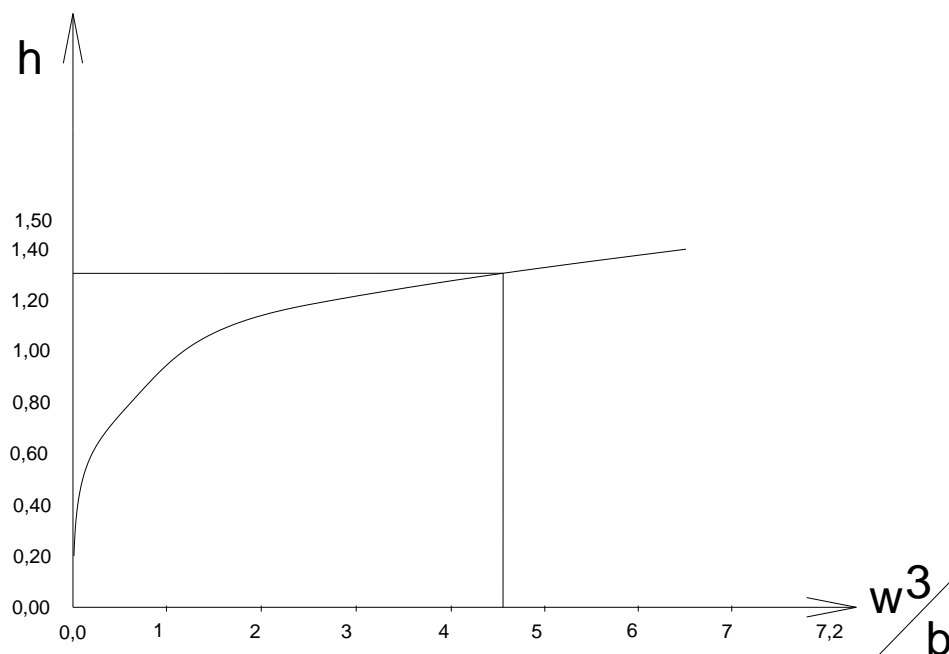
Таблица 9

Н, м	b	l	w	$w^3/b$
0,2	1,100	1,100	0,141	0,0027
0,4	1,320	1,610	0,372	0,039
0,6	1,460	2,010	0,644	0,182
0,8	1,496	2,376	0,928	0,534
1	1,414	2,706	1,191	1,194
1,2	1,200	3,260	1,492	2,760
1,4	0,748	3,897	1,700	6,568
1,5	0	4,240	1,590	-

Строим график для определения критической глубины

По оси  $w^3/b$  откладываем  $\frac{\omega_{кр}^3}{b_{кр}} = \frac{\alpha \cdot Q_{p, \max}^2}{g} = \frac{1,1 \cdot 6,68^2}{9,81} = 4,54$

Рис.3. График для определения критической глубины  
 $h_{кр} = 1,294 \text{ м}$ .



Делаем проверку, чтобы не получился полупапорный или папорный режим.

Глубина потока в сжатом сечении

$$h_{сж} \approx 0,9 \cdot h_{кр} \quad (21)$$

$$h_{сж} \approx 0,9 \cdot h_{кр} = 0,9 \cdot 1,294 = 1,164$$

$$b_{сж} = 2\sqrt{h_{сж} \times d - h_{сж}^2} = 2\sqrt{1,164 \times 1,5 - 1,164^2} = 1,242 м$$

$$l_{сж} = \sqrt{b_{сж}^2 + \frac{16}{3} \times h_{сж}^2} = \sqrt{1,242^2 + \frac{16}{3} \times 1,164^2} = 2,92 м$$

$$\omega_{сж} = \frac{1}{2} \left( l_{сж} \times \frac{d}{2} - b_{сж} \left( \frac{d}{2} - h_{сж} \right) \right) = \frac{1}{2} \left( 2,92 \times \frac{1,5}{2} - 1,242 \left( \frac{1,5}{2} - 1,164 \right) \right) = 1,352 м^2$$

Напор воды перед трубой:

$$H = h_{сж} + \frac{Q_{p.\max}^2}{2 \cdot g \cdot \varphi^2 \cdot w_{сж}^2} \quad (22)$$

$$H = h_{сж} + \frac{Q_{p.\max}^2}{2 \cdot g \cdot \varphi^2 \cdot w_{сж}^2} = 1,164 + \frac{6,68^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,595^2 \cdot 1,352^2} = 3,51 м$$

Проверка  $H \leq 1,2h_{\text{ax}}$ ;  $5,91 > 1,2 \times 2 = 2,4$  не выполняется, целесообразно увеличить d до 2 м.

Определяем критический уклон

Сначала вычисляем для  $h_{кр} \Rightarrow b_{кр}; l_{кр}; w_{кр}$

$$b_{кр} = 2\sqrt{h_{кр} \times d - h_{кр}^2} = 2\sqrt{1,294 \times 2 - 1,294^2} = 1,91 м$$

$$l_{кр} = \sqrt{b_{кр}^2 + \frac{16}{3} \times h_{кр}^2} = \sqrt{1,91^2 + \frac{16}{3} \times 1,294^2} = 3,546 м$$

$$\omega_{кр} = \frac{1}{2} \left( l_{кр} \times \frac{d}{2} - b_{кр} \left( \frac{d}{2} - h_{кр} \right) \right) = \frac{1}{2} \left( 3,546 \times \frac{2}{2} - 1,294 \left( \frac{2}{2} - 1,294 \right) \right) = 1,963 м^2$$

Определяем гидравлический радиус

$$R_{кр} = \frac{w_{кр}}{l_{кр}} \quad (23)$$

$$R_{кр} = \frac{w_{кр}}{l_{кр}} = \frac{1,963}{3,546} = 0,553 м$$

Определяем коэффициент Шези

$$C_{кр} = \frac{R_{кр}^{\frac{1}{6}}}{n} \quad (24)$$

где  $n = 0,012 \div 0,014$

$$C_{кр} = \frac{0,553^{\frac{1}{6}}}{0,014} = 64,71$$

Критический уклон

$$i_{кр} = \frac{Q_{p, \max}^2}{w_{кр}^2 \cdot c_{кр}^2 \cdot R_{кр}^2} \quad (25)$$

$$i_{кр} = \frac{6,68^2}{1,963^2 \cdot 64,71^2 \cdot 0,553^2} = 0,0090$$

Находим уклон трубы  $i_{тр} \geq i_{кр} \quad 0,020 > 0,009$ .

Находим скорость и глубину потока на выходе из трубы

$$V_{вых} = \frac{1,21 \times Q_{p, \max}}{w_{сж}} \quad (26)$$

$$V_{вых} = \frac{1,21 \times Q_{p, \max}}{w_{сж}} = \frac{1,21 \times 6,68}{1,963} = 4,117 \text{ м/с}$$

$$h_{вых} = h_{сж} = 1,164 \text{ м}$$

## 11.6 Выбор конструкции искусственного сооружения

Для лога принимаем трубу диаметром 2,0 м. Длина трубы 36,27 м со звеньями длиной 1,0м, оголовки принимаем раструбные с коническим входным отверстием, длина оголовка 3,66 м, толщина звеньев 0,2 м.

## 11.7 Определение минимальной отметки насыпи над трубой

Значение минимальной отметки бровки насыпи  $H_{\min}$  зависит от глубины воды перед трубой  $H$ , от высоты трубы  $h$ , толщины стенки трубы  $\delta$ .

При безнапорном режиме протекания потока

$$H_{\min} = H_{\text{дн}} + d + \delta + \Delta = 314,62 + 2 + 0,2 \cdot 1 + 1 = 318,02 \text{ м},$$

где  $\Delta$  - минимальная высота засыпки трубы у входного оголовка,  
 $\Delta = 1,0 \text{ м}$ ;

$H_{\text{дн}}$  - отметка дна бассейна у трубы,  $H_{\text{дн}} = 314,62 \text{ м}$ .

## 9.8 Расчет длины трубы

длина трубы без оголовков –

При высоте насыпи  $H_n > 6,0 \text{ м}$  длина трубы без оголовков -

$$l = \left[ \frac{0,5B - 1,5 + 1,75(H_n - h_{\text{тр}})}{1 + 1,75i_{\text{тр}}} + \frac{0,5B - 1,5 + 1,75(H_n - h_{\text{тр}})}{1 - 1,75i_{\text{тр}}} + m_0 \right] \frac{1}{\sin \alpha}$$

$$l = \left[ \frac{0,5 \cdot 12 - 1,5 + 1,75 \cdot (322,40 - 314,62)}{1 + 1,75 \cdot 0,020} + \frac{0,5 \cdot 12 - 1,5 + 1,75 \cdot (322,40 - 314,62)}{1 - 1,75 \cdot 0,020} + 1,5 \right] \frac{1}{\sin 90^\circ} = 36,27 \text{ м}$$

(27)

где  $B$  - ширина земляного полотна,  $B = 12 \text{ м}$ ;

$m$  - коэффициент заложения откоса насыпи,  $m = 1,5$ ;

$i_{\text{тр}}$  - уклон трубы, принимаемый равным уклону бассейна перед сооружением  $i_c$ ,  $i_{\text{тр}} = 0,020$ ;

$m_0$  - толщина стенок оголовка,  $m_0 = 0,35$ ;

$\alpha$  - угол между осями дороги и трубы,  $\alpha = 90^\circ$ .

Полная длина трубы вычисляется по выражению

$$L_{\text{тр}} = l + 2l_{\text{огол}} \quad (28)$$

$$L_{\text{тр}} = 36,27 + 2 \cdot 3,66 = 43,59 \text{ м},$$

где  $l_{\text{огол}}$  - длина оголовков,  $l_{\text{огол}} = 3,66 \text{ м}$ .

## 9.9 Проектирование укрепления за малым искусственным сооружением

При растекании воды за малым искусственным сооружением ее скорость возрастает примерно в 1,5 раза, что вызывает размыв русла. Защита от размыва заключается в правильном выборе типа и размеров

укрепления, заканчивающиеся предохранительным откосом с каменной наброской. Укрепление устраивают из железобетонных плит,

монолитного бетона или мощением. Тип укрепления подбирают по расчетной скорости потока, далее назначается длина укрепления  $l_{укр}$ . За трубой длина укрепления должна быть в пределах  $(3-4)v=4 \cdot 4,0 \text{ м} = 16,0 \text{ м}$ , где  $v$  – ширина трубы,  $v=2,0 \cdot 2=4 \text{ м}$ .

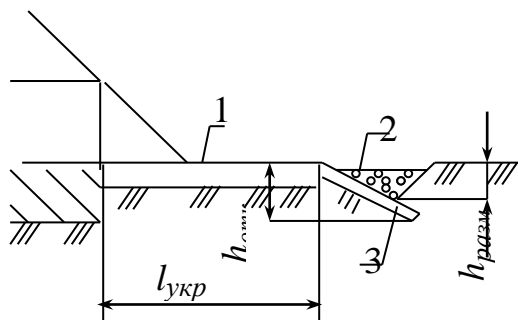


Рисунок 5 - Укрепление за трубой: 1 – укрепление; 2 – каменная наброска.

## 12 Обустройство дороги и безопасность движения

### 12.1 Дорожная разметка



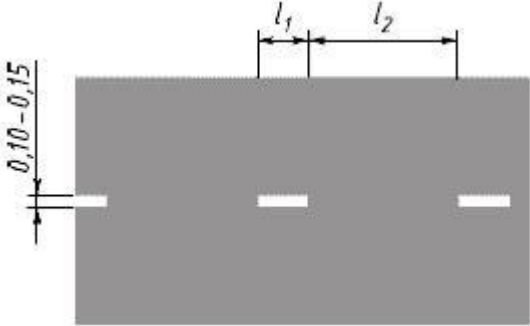
По техническим параметрам дорожная разметка должна соответствовать требованиям [ГОСТ Р 51256](#).

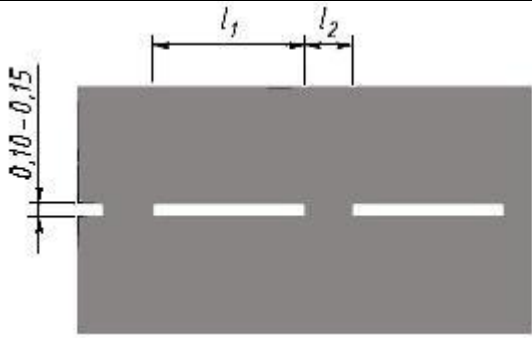
Нанесение дорожной разметки на покрытие и элементы дорожных сооружений осуществляют в соответствии с [ГОСТ Р 52289](#).

Разметка подразделяется на две группы:

- горизонтальная разметка;
- вертикальная разметка.

На данной трассе необходимо нанести размету:

Номер	Форма, размеры, м	Цвет, назначение	Объем, м <sup>2</sup>
1.1		Разделяет транспортные потоки противоположных направлений и обозначает границы полос движения в опасных местах на дорогах	
1.2		Обозначает край проезжей части	$(7734,32 \cdot 0,1) \cdot 2 = 1546,86$
1.5		Разделяет транспортные потоки противоположных направлений на дорогах, имеющих две или три полосы	$L_1 = 3\text{ м}, L_2 = 9\text{ м}$

1.6		Предупреждает о приближении к разметке 1.1 или 1.11, которая разделяет транспортные потоки противоположных или попутных направлений	$L_1 = 6\text{ м}$ , $L_2 = 2\text{ м}$
-----	---	---	---

## 13.2 Дорожные ограждения

Конструкция дорожных ограждений должна соответствовать требованиям ГОСТ Р 52607.

Установка ограждений на автомобильных дорогах должна быть выполнена по ГОСТ Р 52289.

Для III т.к. необходимо устраивать металлическое барьерное ограждение с удерживающей способностью не менее УЗ (не менее 250 кДж).

Дорожные ограждения типа А необходимо устраивать:

- на насыпях высотой более 5м;
- на склоне местности круче 1:4.

На данной трассе металлическое барьерное ограждение устанавливается в месте устройства водопропускной трубы, высота насыпи 7,56 м. По 10м от оси трубы, а также длина начального участка 18м, конечного 12м. Итого: 100п.м. металлического ограждения УЗ.

## 13.3 Знаки

Знаки, устанавливаемые на дороге, должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 52290 и в процессе эксплуатации отвечать требованиям ГОСТ Р 50597.

Расстояние видимости знака должно быть не менее 100 м.

Знаки устанавливают справа от проезжей части или над нею, вне обочины (при ее наличии), за исключением случаев, оговоренных настоящим стандартом.

Расстояние от края проезжей части (при наличии обочины - от бровки земляного полотна) до ближайшего к ней края знака, установленного сбоку от проезжей части, должно быть 0,5-2,0 м.

Очередность размещения знаков разных групп на одной опоре (сверху вниз, слева направо), кроме случаев, оговоренных настоящим стандартом, должна быть следующей:

- знаки приоритета;
- предупреждающие знаки;
- предписывающие знаки;
- знаки особых предписаний;

- запрещающие знаки;
- информационные знаки;
- знаки сервиса.

На протяжении одной дороги высота установки знаков должна быть по возможности одинаковой.



### 13. Деталь проекта

#### Укрепление водоотводных канав. Схема устройства сбросов из водоотводных канав.

Выпускной квалификационной работой предусмотрено устройства водоотводных канав и устройство сбросов из водоотводных канав, представленных на Листе 10 графической части.

Рассмотрены варианты укрепления водоотводных канав: засев трав, щебневание, укрепление габионными сетчатыми изделиями (ГСИ).

В таблице 12 представлены зависимости укрепления водоотводных канав от продольного уклона.

Таблица 12

Тип укрепления				
Без укрепления	Засев трав	Щебневание	ГСИ	Устройство ступенчатых перепадов
Продольный уклон, ‰				
до 5	5-20	20-40	40-50	более 50

Щебневание дна и откосов водоотводных канав производится щебнем фракции 40-70.

При укреплении водоотводных канав габионными сетчатыми изделиями (ГСИ) предусматривается укладка ГСИ-М-3,0х2,0х0,17-С60-2,2(2,4)-ЦАММ ГОСТ Р 52132-2003 - Матрасо-тюфячное ГСИ длиной 3,0м, шириной 2,0м, высотой 0,17м, из сетки с ячейкой №60, из проволоки диаметром 2,2(2,4)мм, покрытой сплавом цинка с алюминием и мишметаллом. Заполнитель фракции 80-120мм. Пустоты между ГСИ заполняются щебнем фракции 80-120.

В основании ГСИ предусматривается укладка геотекстильного материала типа "Дорнит-350" или аналога, в один слой.

В соответствии с ОДМ 218.5.003-2010 тканый геотекстиль и габионные сетчатые изделия крепятся анкерами. Для тканого геотекстиля принимаются анкера диаметром 8 мм, длиной 50 см. Для габионных сетчатых изделий принимаются анкера диаметром 8 мм, длиной 100 см.

Если площадь ГСИ перекрывает площадь кювета, то ГСИ укладывается в сторону откоса насыпи.

#### Гидравлический расчет водоотводной канавы.

Дорожные каналы рассчитывают в следующей последовательности:

1. Определяют расход требуемой вероятности превышения по формуле полного стока:

$$Q_{nc} = 87,5 \cdot a_{\text{час}} \cdot F, \text{ м}^3/\text{сек}, (1) \text{ где:}$$

$a_{\text{час}}$  – интенсивность ливня часовой продолжительности той же вероятности превышения (ВП), что и искомый расход, мм/мин.

$F$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>.

При гидравлических расчетах исходят из следующих вероятностей превышения (ВП) расчетных паводков:

Категория дороги	III
------------------	-----

Вероятность превышения, в %	2
-----------------------------	---

При расчете расхода полного стока в условиях Читинской области, основным параметр формулы (I) -  $a_{\text{час}}$  определяется по карте. В карте изолиний приведены значения  $a_{\text{час}}$  I %-ной обеспеченности. Для определения  $a_{\text{час}}$  требуемой ВП можно воспользоваться зависимостью:

$$a_{\text{час.тр.}} \% = a_{\text{час}} 1\% \cdot \lambda_{\text{пер}}, \text{ мм/мин} (2)$$

Значения переводного коэффициента  $\lambda_{\text{пер}}$  приводится в таблице

ВП%	2
-----	---

$\lambda_{\text{пер}}$	0,9
------------------------	-----

Одной из основных задач при расчете полного стока является правильное определение площади водосбора. Площадь, с которой вода стекает в низовую канаву, определяется половиной ширины дороги и длиной участка, с которого стекает вода в канаву. К верховой канаве вода стекает не только с половины ширины дороги, но и с пространства до нагорной канавы, а при ее отсутствии с некоторой площади, контуры которой могут быть найдены по плану в горизонталях.

2. Назначают размеры поперечного сечения канавы и глубину воды в ней.

При водонепроницаемых грунтах и недостаточно удовлетворительных условиях поверхностного стока боковым канавам придают трапециидальное сечение с шириной по дну 0,4 – 0,5 м и глубиной до 0,7 -0,8 м (до 1,0 – 1,2 м как максимум), считая от бровки насыпи. Откосам канав в выемках придают заложение 1:1,5, а у насыпей внутренний откос канав устраивают с заложением 1:3.

Если земляное полотно возводят в сухих местах с обеспеченным быстрым стоком поверхностных вод, а грунтовые воды расположены глубоко, боковые канавы устраивают треугольного сечения глубиной не менее 0,3 м от поверхности. Крутизна откосов таких канав 1:3 и менее.

В практике проектирования обычно задается форма живого сечения, а иногда один из основных размеров (ширина по дну “b” или глубина воды в канаве “h”).

Для распространенных трапециидальных форм сечения канав расчетом установлено соотношение, соответствующее гидравлически наивыгоднейшей форме при различных значениях коэффициента заложения откосов “m”,

Следует отметить, что полная глубина канавы “hп” определяется по формуле:

$$h_{п} = h + z, (м) (3)$$

где z – запас высоты, величина которого принимается равным 0,2 м.

3. Определяют гидравлические элементы канавы: площадь живого сечения –  $\omega$ , смоченный периметр –  $\chi$ , гидравлический радиус – R.

Для трапециидального сечения гидравлические элементы определяют следующими зависимостями:

$$\text{Площадь живого сечения } \omega = bh + \frac{m_1 + m_2}{2} h^2, \text{ м}^2 \quad (4)$$

$$\text{Смоченный периметр } \chi = b + h(\sqrt{1+m_1^2} + \sqrt{1+m_2^2}), \text{ м} \quad (5)$$

$$\text{Гидравлический радиус } R = \frac{\omega}{\chi}, \text{ м} \quad (6)$$

При определении гидравлических элементов для канав с треугольным поперечным сечением

$$b = 0.$$

4. Определяют скорость течения воды – V, м/с.

Скорость течения воды определяют по следующей формуле:

$$V=C\sqrt{Ri} \text{ ,м/с. (7)}$$

Где, С – коэффициент Шези;

i–уклон дна канавы.

Для определения коэффициента Шези существуют различные формулы, среди которых наиболее приемлемой является формула Н.Н. Павловского.

$$C= \frac{1}{n} RY \text{ , (8)}$$

где, n – коэффициент шероховатости; (табл 3).

Y – показатель степени, определяемый по формуле:

$$Y=1,7\sqrt{n} \text{ , (9)}$$

С достаточной для практических расчетов точностью величина “С” может быть определена по приближенным зависимостям:

$$C= \frac{1}{n} R^{1/6} \text{ , (10)}$$

Значение коэффициента Шези – «С» может быть определено также с помощью таблицы «Значений коэффициента Шези С»

Одним из основных параметров определяющий скорость течения воды является уклон. Обычно при уклоне дна до 10% канаву устраивают без укреплений. При больших уклонах чаще всего принимают типы укреплений, указанные выше.

5. Определяют пропускную способность канавы по формуле:

$$Q=\omega \cdot V, \text{м}^3/\text{с} \text{ (11)}$$

6. Сравнивают расход полного стока с пропускной способностью канавы. Если разница между  $Q_{\text{пс}}$  и  $Q$  в пределах до 10%-ов, то расчет на этом заканчивается, если разница больше, то изменяют размеры живого сечения канавы и делают новый расчет.

Требуется произвести расчет размеров поперечного сечения водоотводной канавы автомобильной дороги III технической категории, проектируемой в условиях: Читинской

области, на участке длиной 300 метров, имеющего продольный уклон  $i = 0,023$ .  
Водоотводные каналы трапецидального сечения с откосами  $m = 1,5$ , стенки откоса укреплены щебневанием, коэффициент шероховатости  $n=0,025$ .

Поскольку местность имеет поперечный уклон относительно оси дороги, то наибольший сток воды будет в левую водоотводную канаву, которую и требуется рассчитать.

### Последовательность расчета:

1. Определяем площадь водосборного бассейна для правой боковой канавы

$$F = l_1 \cdot l_3 + l_2 \cdot l_3, \text{ км}^2$$

где,  $l_1$  – расстояние от оси дороги до бровки,  $l_1 = 6,0$  м;

$l_2$  – расстояние от бровки земляного полотна до водораздельной линии,  $l_2 = 40$  м.

$l_3$  – длина участка дороги,  $l_3 = 300$  м.

$$F = 0,006 \times 0,3 + 0,040 \times 0,3 = 0,0138 \text{ км}^2$$

2. Определяем расход полного стока

$$Q_{\text{п.с}} = 87,5 \cdot a_{\text{час}} \cdot F, \text{ м}^3/\text{с}$$

$$a_{\text{час}1\%} = 0,89 \text{ мм/мин.}$$

$$Q_{\text{п.с}} = 87,5 \cdot 0,81 \cdot 0,0138 = 0,97 \text{ м}^3/\text{с}$$

3. Задаемся размером ширины канавы по дну  $b=0,4$  м и определяем глубину

$$\text{воды в канаве, пользуясь } \beta = \frac{b}{h};$$

Значение  $\beta = 1$ , так как  $m = 1,5$ , тогда  $h = 0,4$  м

4. Определяем гидравлические элементы канавы:

5.  $\omega$  – площадь живого сечения,  $\text{м}^2$

$$\omega = 0,4(0,4 + 1,5 \times 0,4) = 0,4 \text{ м}^2$$

$\chi$  – смоченный периметр, м

$$\chi = 0,4 + 2 \times 0,4 \sqrt{1 + 1,5^2} = 1,84 \text{ м}$$

$R$  – гидравлический радиус, м

$$R = 0,4 / 1,84 = 0,217 \text{ м}$$

5. Определяем скорость течения воды в канаве

$$V = C\sqrt{Ri}, \text{ м/с}$$

Где, С- коэффициент Шези берем по таблице «Значений коэффициента Шези С» в зависимости от коэффициента шероховатости  $n = 0,025$  и гидравлического радиуса  $= 0,217 \text{ м}$ ,  $C = 29,7$ .

$$V = 29,7 \cdot \sqrt{0,217 \cdot 0,023} = 2,079 \text{ м/с}.$$

6. Определяем пропускную способность канавы:

$$Q_k = 0,4 \times 2,079 = 0,83 \text{ м/с}.$$

7. Сравниваем расход полного стока с пропускной способностью канавы, делаем вывод:  $Q_{п.с} = 0,97 \text{ м/с}$ ,  $Q_k = 0,83 \text{ м/с}$  пропускная способность канавы практически равна расходу полного стока (разность не превышает 10%). Гидравлический расчет водоотводной канавы закончен.

Следовательно, назначаем водоотводные канавы глубиной 0,4м, ширина по дну 0,4м.

## 14. Организация строительного процесса

### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Проект организации строительства автомобильной дороги км 0 – км 8,684 в Читинской республике разработан в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

- СНиП 3.01.01-85\* «Организация строительного производства»;
- СНиП 3.06.03-85 «Автомобильные дороги»;
- СНиП 1.04.03-85\* «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений»;
- СНиП III-4-80\* «Техника безопасности в строительстве»;
- СНиП 12-03-99 «Безопасность труда в строительстве».

Дорожно-климатическая зона	- III
Категория автодороги	- III
Тип покрытия	- капитальный

Протяженность дороги

- 8,684 км

## **2. ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОДОРОГИ.**

Основным определяющим фактором для назначения сроков выполнения отдельных видов работ и общей продолжительности ремонта являются климатические условия, объем выполняемых строительно-монтажных работ, мощность строительной организации.

Работу рабочего и обслуживающего персонала предусмотрено организовать вахтовым методом. Работы ведутся в две смены. Продолжительность смены 8 часов.

Общие трудозатраты при строительстве участка автодороги составляют:

- |                            |           |
|----------------------------|-----------|
| - подготовительные работы  | - 10 см;  |
| - искусственные сооружения | - 7 см.;  |
| - земляное полотно         | - 160 см; |
| - дорожная одежда          | - 50 см.; |

Доставка вахт к месту работ предусматривается автомобильным транспортом. Общая продолжительность строительства определена по проекту и составляет xx месяцев.

## **3. ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Основные объемы работ по протяжению трассы распределены равномерно и носят линейный характер. В месте строительства трубы строительные работы ведутся сосредоточенно.

Основными работами является: строительство земляного полотна, разработка выемок, устройство слоев дорожной одежды, строительство водопропускной трубы.

## **4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ.**

Обеспечение строительства дороги строительными материалами принято согласно транспортной схемы заказчика:

- железобетон
- ГЩС
- щебень,
- асфальтобетонная смесь - АБЗ

Обеспечение электроэнергией предусмотрено от передвижных электростанций мощностью 100 квт. Вода, необходимая при строительстве, доставляется из местных источников.

## **6. ПОДГОТОВКА СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА.**

До начала основных строительно-монтажных работ должна быть обеспечена подготовка строительного производства, включающая организационно-технические мероприятия, подготовительные работы.

В составе организационно-технических мероприятий предусматривается выполнение следующих видов работ:

- утверждение рабочего проекта;
- решение вопросов обеспечения материалами, конструкциями, деталями;
- заключение договоров подряда;
- получение фондов и размещение заказов на поставку оборудования.

После этого разрешается приступить к подготовительным работам, входящим в общий комплекс строительно-монтажных работ.

#### *6.1. Подготовительные работы.*

В комплекс подготовительных работ включены:

- восстановление трассы на местности и оформление площадей земли, занимаемых во временное пользование;
- устройство временной строительной площадки на;
- монтаж временных зданий и сооружений;
- переустройство воздушных коммуникаций – ЛЭП 0,4 кв и 10 кВ;

##### 6.1.1. Рубка леса и корчевка пней.

При расчистке территории строительства выполняются следующие виды работ:

- валка деревьев;
- трелевка хлыстов;
- разделка древесины на разделочных площадках и вывозка срубленного леса;
- корчевка, обивка пней от земли с перемещением во временные отвалы;
- засыпка и планировка подкоренных ям;
- срезка кустарника и расчистка площадей от мелколесья, кустарника и порубочных остатков путем сжигания на месте работ в границах, занимаемых автодорогой.

##### 6.1.2. Строительная площадка

Состав работ по устройству строительной площадки следующий:

- профилирование основания путем грубой и окончательной планировок.

По окончании строительных работ стройплощадка подлежат рекультивации.

## **7. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ОСНОВНЫХ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ.**

Строительство автомобильной дороги осуществляется поточным методом в строгой технологической последовательности отрядами и звеньями, оснащенными необходимой техникой.



Количество звеньев и отрядов в комплексном потоке определено, исходя из объемов работ и продолжительности их выполнения.

Очередность основных видов дорожно-строительных работ следующая:

## **7.1. Подготовка территории строительства**

### *Подготовительные работы*

В комплекс подготовительных работ включено переустройство наземных коммуникаций.

## **7.2. Земляное полотно**

### Пример.

Особое внимание при возведении земляного полотна уделяется уплотнению насыпей до требуемой плотности грунтов 0,95.

При производстве работ формируются специальные звенья:

- экскаваторное;
- бульдозерное;
- по укрепительным работам.

Экскаваторное звено занято на разработке грунтов в грунт-резерве № 2 и на участке замены слабых грунтов в основании насыпи. Заменяемый грунт вывозится во временные отвалы на территорию карьера № 2 для дальнейшей его рекультивации. Для повышения производительности работ экскаватор обеспечен расчетным количеством автосамосвалов грузоподъемностью 10 т.

Бульдозерное звено возводит рабочий слой земляного полотна из привозного щебенисто-скального грунта карьера «Первомайский» и песка из грунт-резерва № 2, выполняя работы по разравниванию и планировке отсыпанного материала.

Потребность в землеройных машинах определена, исходя из объемов работ и норм выработки машин, в автотранспортных средствах, исходя из дальности возки грунта.

Отсыпку грунта в насыпь следует производить от краев к середине слоями на всю ширину земляного полотна, включая откосные части. Последующая подсыпка краевых или откосных частей не допускается.

Каждый слой следует разравнивать, соблюдая проектный продольный уклон. Перед уплотнением поверхность отсыпанного слоя должна быть спланирована под двускатный или одностатный поперечный профиль с уклоном 30 ‰ к бровкам земляного полотна.

Движение транспортных средств, отсыпавших на насыпи очередной слой, необходимо регулировать по всей его ширине.

Уплотнение грунта следует производить при влажности, близкой к оптимальной, катками на пневмошинах за 6 проходов по одному следу при толщине уплотняемого слоя 30 см.

### 7.2.1. Укрепительные работы.

Планировку и укрепление откосов следует производить сразу после окончания возведения земляного полотна. Комплекс укрепительных работ состоит в укреплении откосов насыпи, отсыпанной песчаными грунтами, засевом трав по слою растительного грунта толщиной 10 см. На участках подтопления при устройстве засыпных арочных мостов откосы земляного полотна в нижней части насыпи, отсыпаемой песчаным грунтом, укрепляются каменной наброской.

Кюветы необходимо укреплять сразу же по мере их устройства. Укрепление кюветов производится засевом трав, мощением.

### 7.3. Дорожная одежда

Данный вид работ заключается в устройстве дорожной одежды.

Перед началом укладки дорожной одежды производится исправление профиля верха земполотна с доведением уклонов до проектных размеров с добавлением гравийного материала. После приемки этого вида работ приступают к отсыпке слоев дорожной одежды.

Слой основания гравийно-щебеночная смесь, укрепленная цементом М40. Работы состоят в следующем:

- россыпь приготовленной смеси;
- разравнивание материалов с уплотнением и поливкой водой.

Смесь в момент укладки должна иметь влажность, близкую к оптимальной с отклонением не более 10 %. При недостаточной влажности смесь следует увлажнять за 20-30 минут до начала укладки. Укатка выполняется вибрационными катками массой 8 т (число проходов должно быть не менее 20) или самоходными гладковальцовыми катками 13 т (число проходов по одному следу должно быть не менее 10).

Далее следует устройство слоев дорожной одежды из асфальтобетона:

- нижний слой покрытия из асфальтобетона крупнозернистого высокопористого, горячего I марки;
- средний слой покрытия из асфальтобетона крупнозернистого пористого, горячего I марки;
- верхний слой покрытия из асфальтобетона мелкозернистого плотного, горячего I марки;

До начала устройства вышеназванных слоев производят подгрунтовку битумом из расчета:

- 0.3 т на 1000 м<sup>2</sup> по поверхности верхнего слоя основания из щебня по способу заклинки;
- 0.7 т на 1000 м<sup>2</sup> по поверхности верхнего слоя основания из асфальтобетона пористого из горячей крупнозернистой смеси.

. Битум следует наносить равномерно с помощью распределительного узла. Следует избегать нанесения избыточного объема битума на стыках отдельных полос. При нанесении избыточного количества битума избыток следует удалить с поверхности. Перед укладкой покрытия слой подгрунтовки должен полностью впитаться. Покрытие укладывается в течение четырех часов после нанесения битума.

Устройство асфальтобетонных слоев следует производить в сухую погоду. Покрытие из асфальтобетонных смесей укладывают таким образом, чтобы работы были завершены примерно за 15 дней до начала периода осенних дождей. Покрытие из смесей с

активированными минеральными материалами могут сооружаться в более поздний период.

Горячие асфальтобетонные смеси производятся из подобранных компонентов. В процессе перемешивания необходимо обеспечить однородность смеси, которая достигается в специальных смесительных установках. Затем смесь распределяется асфальтоукладчиком слоем с заданным поперечным уклоном и толщиной. Рабочая скорость асфальтоукладчика не ниже 3 км/час., ширина захватки не менее 2 м. После укладки каждый слой должен быть уплотнен до требуемой плотности. Требуется достичь 98% от средней плотности трех лабораторных образцов.

Если же средний показатель плотности образцов, отобранных за день, оказывается менее 95% требуемой плотности, то все уложенное в этот день покрытие не принимается.

Указанная на чертежах толщина слоя является требуемой средней минимальной толщиной из 5 образцов, взятых в течение одного дня работы. Если толщина любого из образцов менее установленной на 20 или более %, уложенное в этот день покрытие не подлежит приемке. Распределенную смесь укатывают сначала легкими катками (6-8т), затем более тяжелыми (14-16т).

### *Обочины*

Присыпные обочины отсыпаются гравийно-песчаной смесью С4.

Материал для покрытия должен соответствовать требованиям ГОСТ 25607-94.

## **7.4. Искусственные сооружения**

### *Водопропускные трубы*

Проектом предусматривается строительство 1-ой новой железобетонной круглой трубы диаметром 2,0 м на основной дороге.

В состав работ по строительству водопропускных ж.б.труб входит : рытье котлованов, устройство щебеночной подушки, установка и омоноличивание звеньев труб, устройство гидроизоляции, обратная засыпка, укрепительные работы у входа и выхода труб.

Рытье котлованов под тело труб следует производить до уровня основания подошвы фундамента без лишнего нарушения существующего грунта в соответствии с чертежами.

Перед укладкой звеньев основание профилируется и уплотняется со строительным подъемом не менее 1/40 высоты насыпи.

При укладке звеньев труб должны применяться деревянные (неудаляемые) клинья, обеспечивающие неподвижность. Прибетонка выполняется непосредственно после укладки звеньев.

Гидроизоляция поверхностей, засыпаемых грунтом, должна производиться при отсутствии атмосферных осадков по очищенной от грязи поверхности и положительной(не ниже +5<sup>0</sup>С) температуре воздуха, в ветренную и дождливую погоду – под прикрытием сборно-разборных тентов или шатров. В зимнее время при температуре наружного воздуха ниже +5<sup>0</sup>С гидроизоляционные работы следует выполнять под прикрытием сборно-разборных тепляков с обеспечением в них положительной

температуры. Тепляки следует обогреть кислородом, использование приборов с открытым пламенем воспрещается.

Обратная засыпка укладывается слоями толщиной не более 20см. Материал, применяемый для обратной засыпки, не должен быть крупнее 75мм. Каждый слой уплотняется. Для уплотнения грунта используют различное механическое оборудование: катки на пневмошинах, виброкатки, кулачковые катки, виброплиты с ручным управлением, ручные трамбовки.

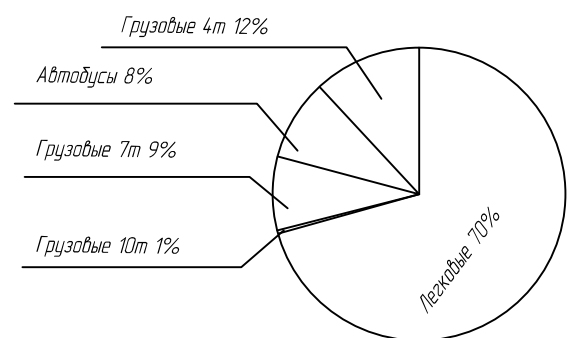
Укрепление камнем у входа и выхода труб выполняется после завершения всех работ по строительству.



М 1:10000  
10мм=100м

- трасса по воздушной линии
- I вариант трассы
- II вариант трассы
- Железная дорога

Циклограмма транспортного потока

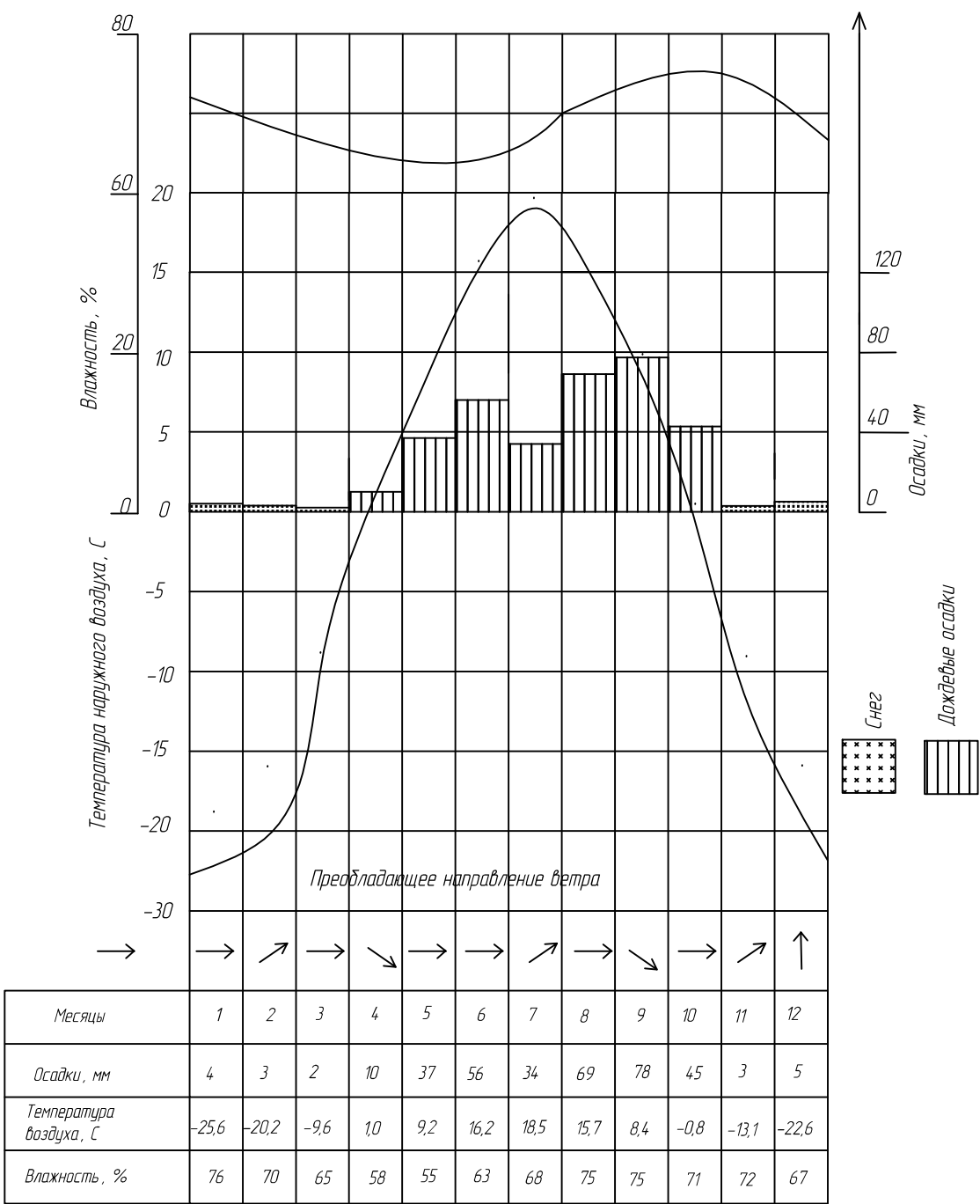
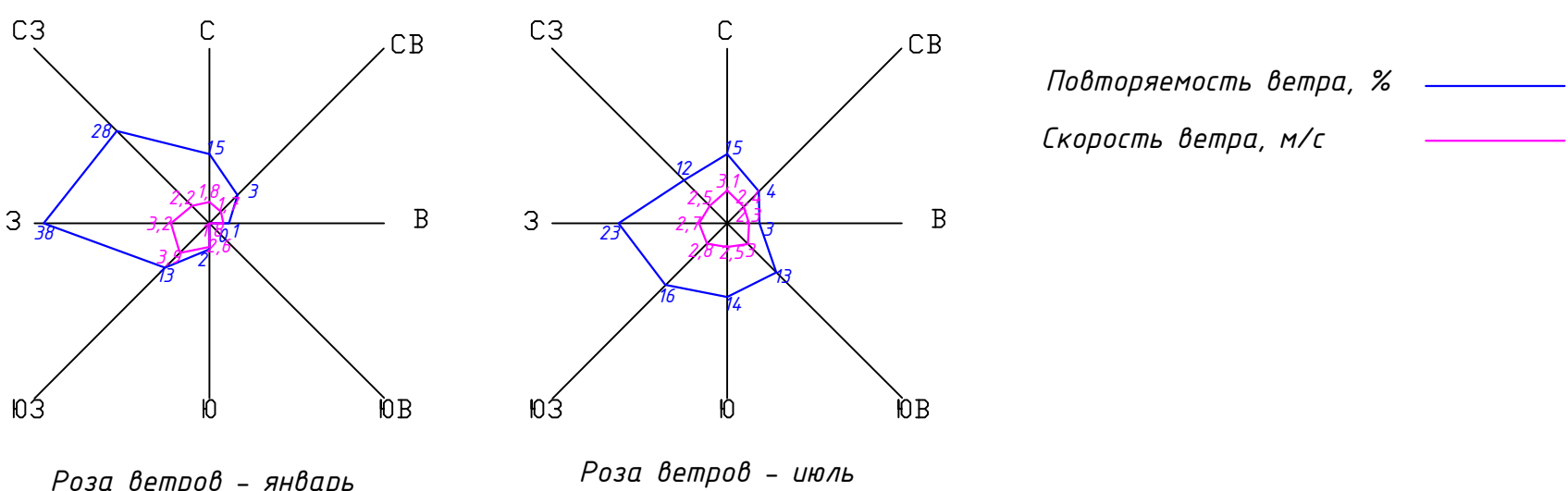
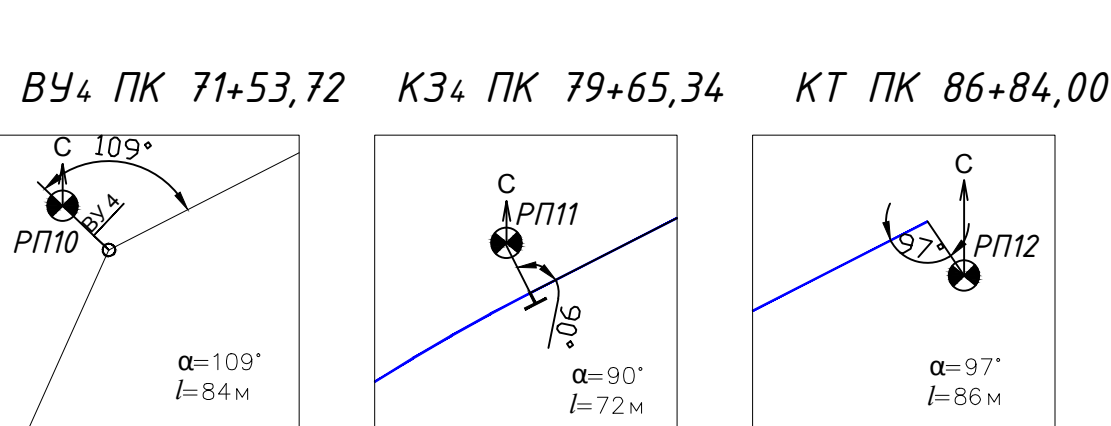
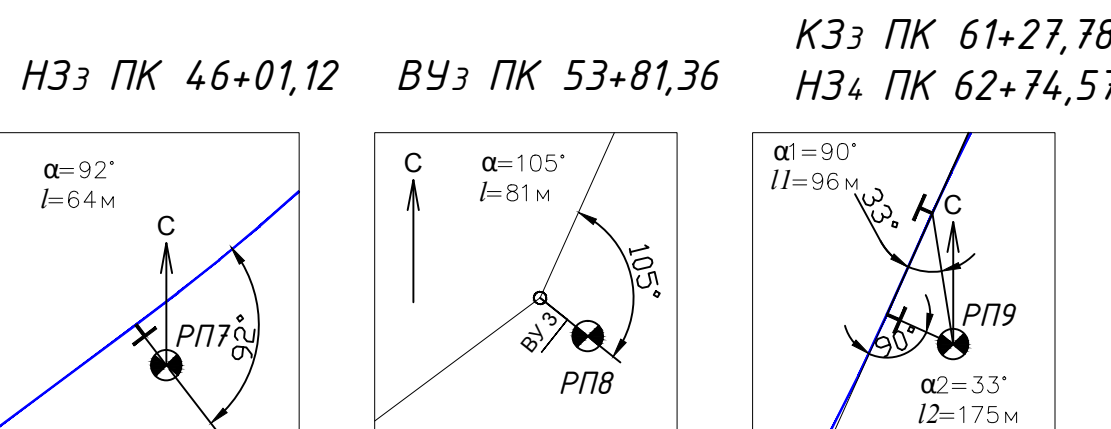
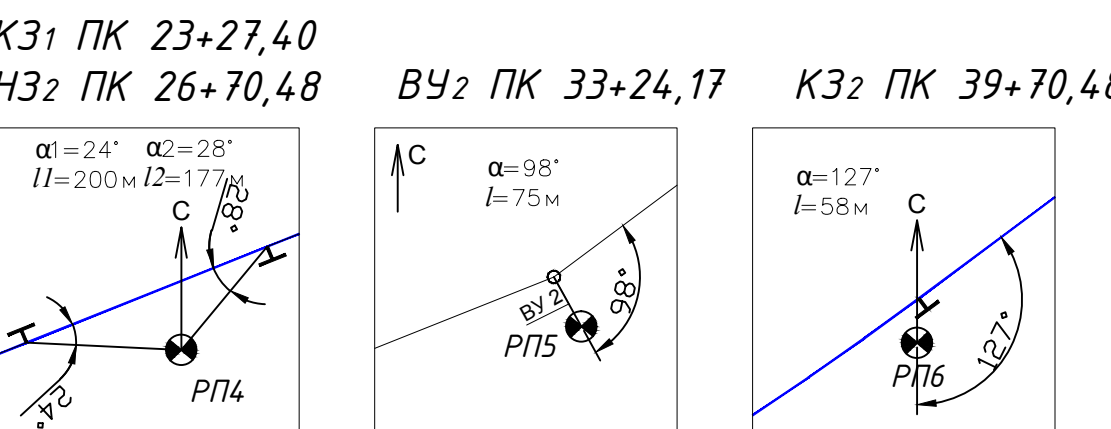
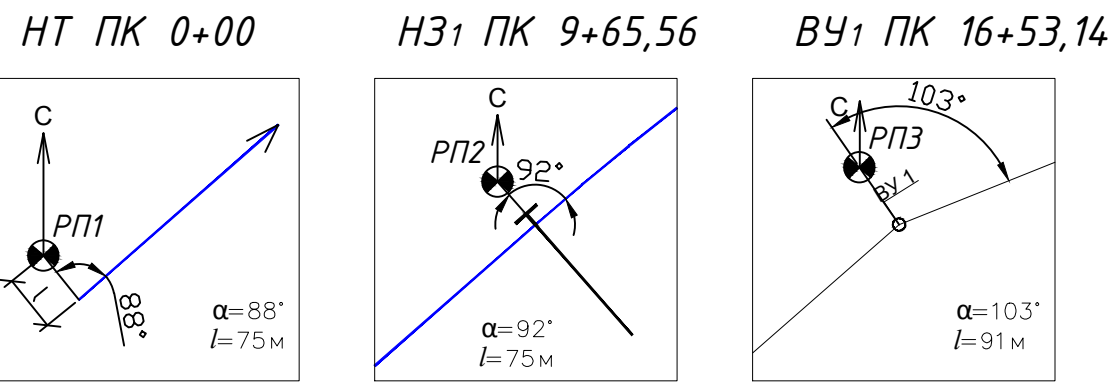


С

Площадь водосборного бассейна

Точка	Положение вершины угла			Величина угла поворота		Радиус, м	Элементы кривой					Положение переходных кривых								Расстояние между вершинами углов, м	Длина прямой, м
	КМ	ПК	+	влево	вправо		тангенс	тангенс	переходная кривая	крутовая кривая	биссектриса	начало		конец		конец		начало			
												ПК	+	ПК	+	ПК	+	ПК	+		
I Вариант																					
	1	0	0																		
1	2	16	53,14		19°30'25"	4000	687,57	687,57	0	0	1361,83	58,66	9	65,56	9	65,56	23	27,4	23	27,4	
2	4	33	24,17	14°53'49"		5000	653,69	653,69	0	0	1300,01	42,55	26	70,48	26	70,48	39	70,48	39	70,48	
3	6	53	81,36	29°09'26"		3000	780,25	780,25	0	0	1526,67	99,8	46	1,12	46	1,12	61	27,78	61	27,78	
4	8	71	53,72	38°44'58"		2500	879,15	879,15	0	0	1690,76	150,08	62	74,57	62	74,57	79	65,34	79	65,34	
9	86	84																			
II Вариант																					
	1	0	0																		
1	5	47	25,73	44°52'11"		2100	867,05	867,05	0	0	1644,56	171,95	38	58,68	38	58,68	55	3,24	55	3,24	
2	7	65	10,02	44°42'31"		2100	863,6	863,6	0	0	1638,66	170,64	56	46,42	56	46,42	72	85,07	72	85,07	
9	87	63,27																			

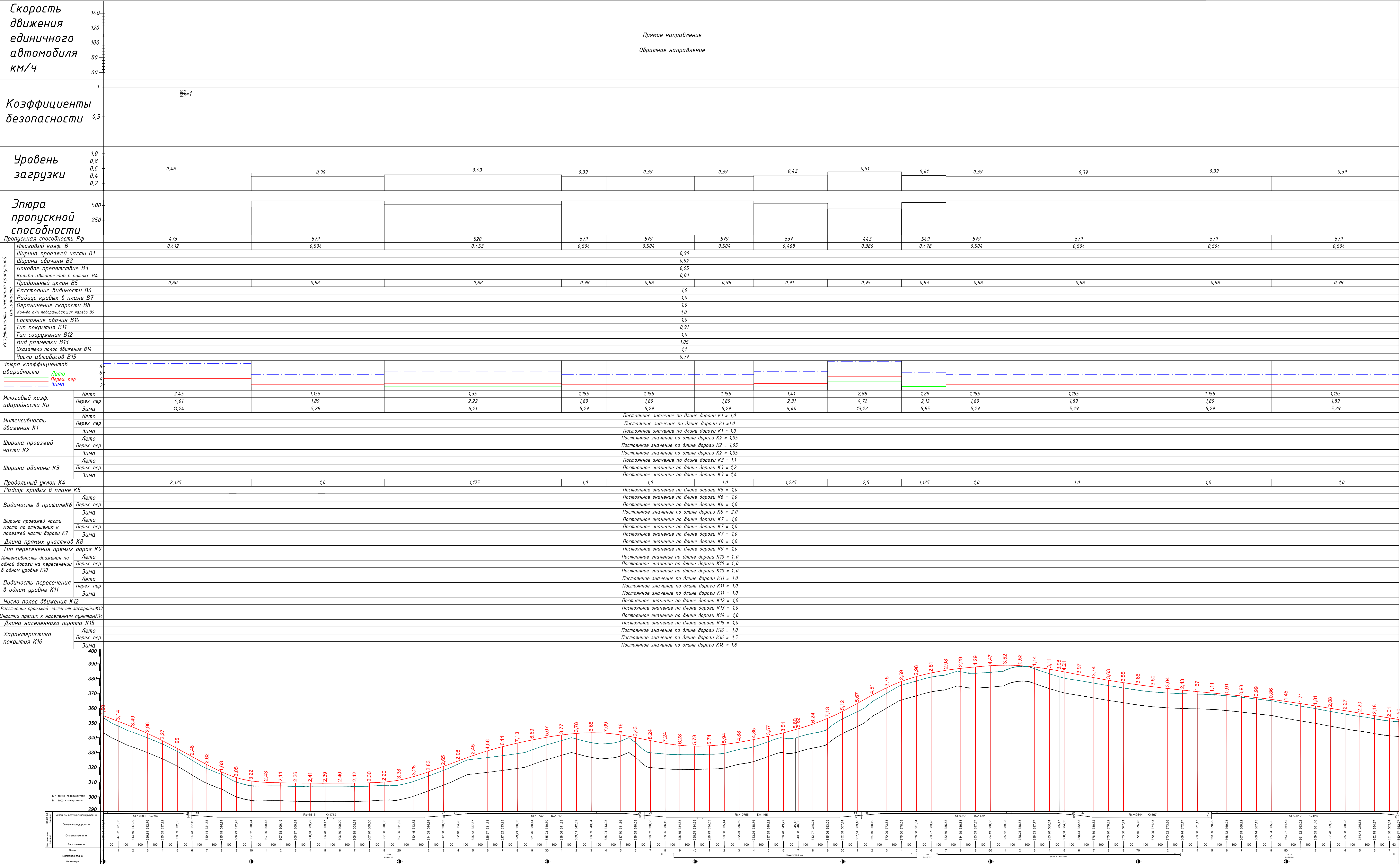
## Привязка трассы



ВКР-270205-2017				
СФУ ИСИ				
Изм.	Кол.	Лист	Док.	Подпись
Разраб.	Шиндт А.Д.			
Руковод.	Жуков В.И.			
Н. контр.				
Зав.каф.	Сергейский В.В.			
Изыскание и проектирование автомобильных дорог			Стadia	Лист
План трасс			У	1
Исходные данные			Кафедра АДИГС	

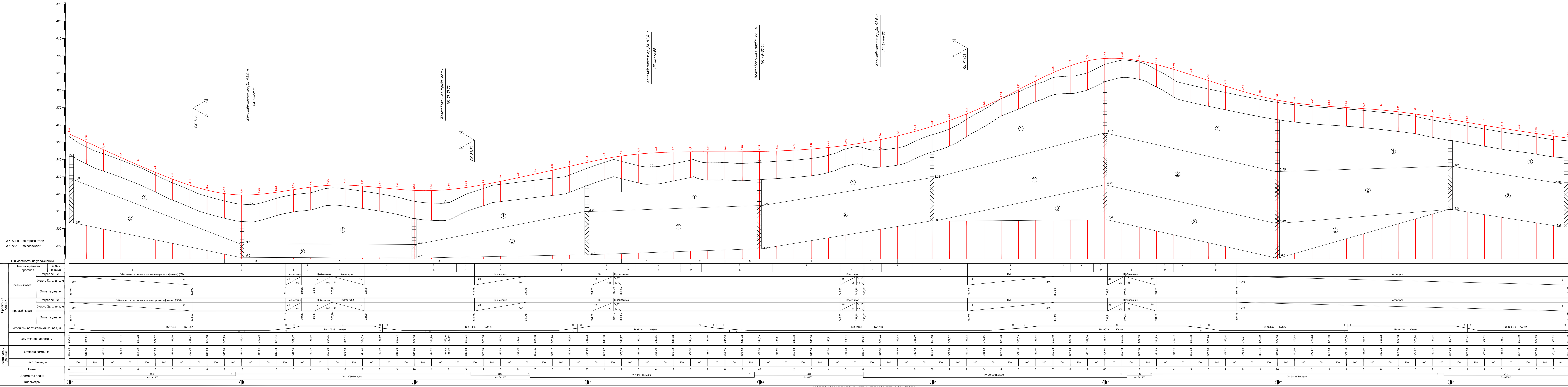








Номер пункта	Наименование пункта
1	Описание пикетажа
2	Условный левый попутный
3	Условный левый попутный



ВКР-270205-2017			
СФУ ИСИ			
Автомобильные дороги			
Продольный профиль			
Кафедра АДИС			
Изм.	Кол.	Лист	Док.
Резерв	Шнуров А.Д.	4	
Рисован	Жуков В.И.		
И. контр.			
Зачислен			

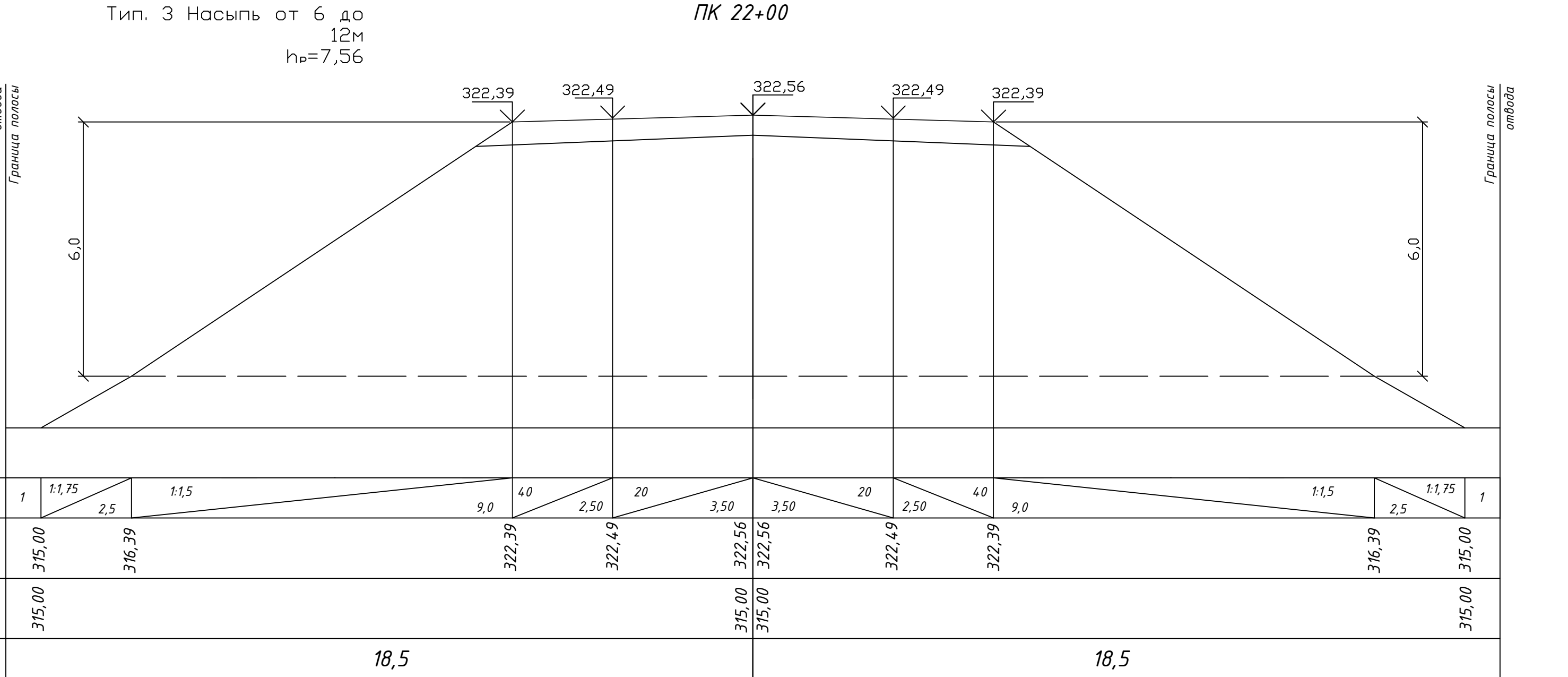
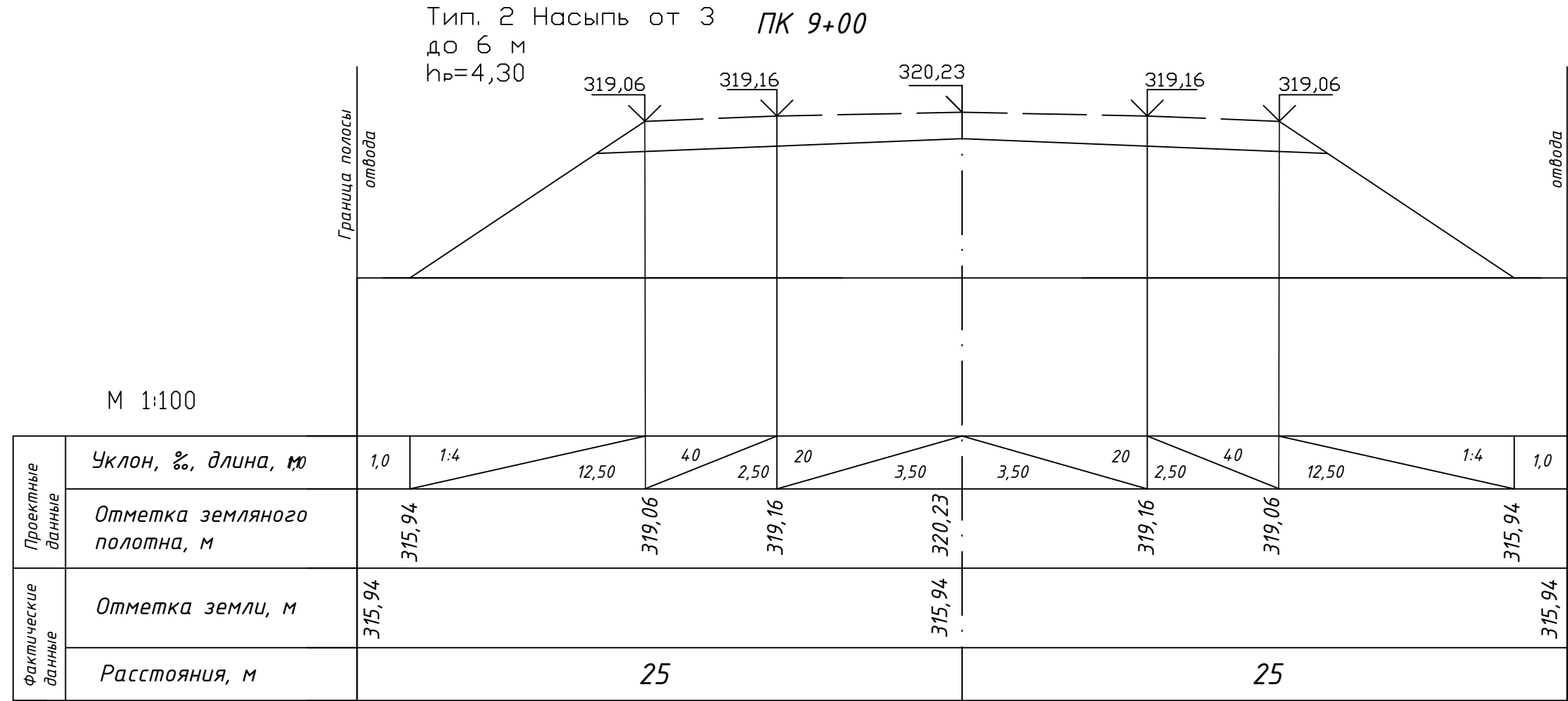
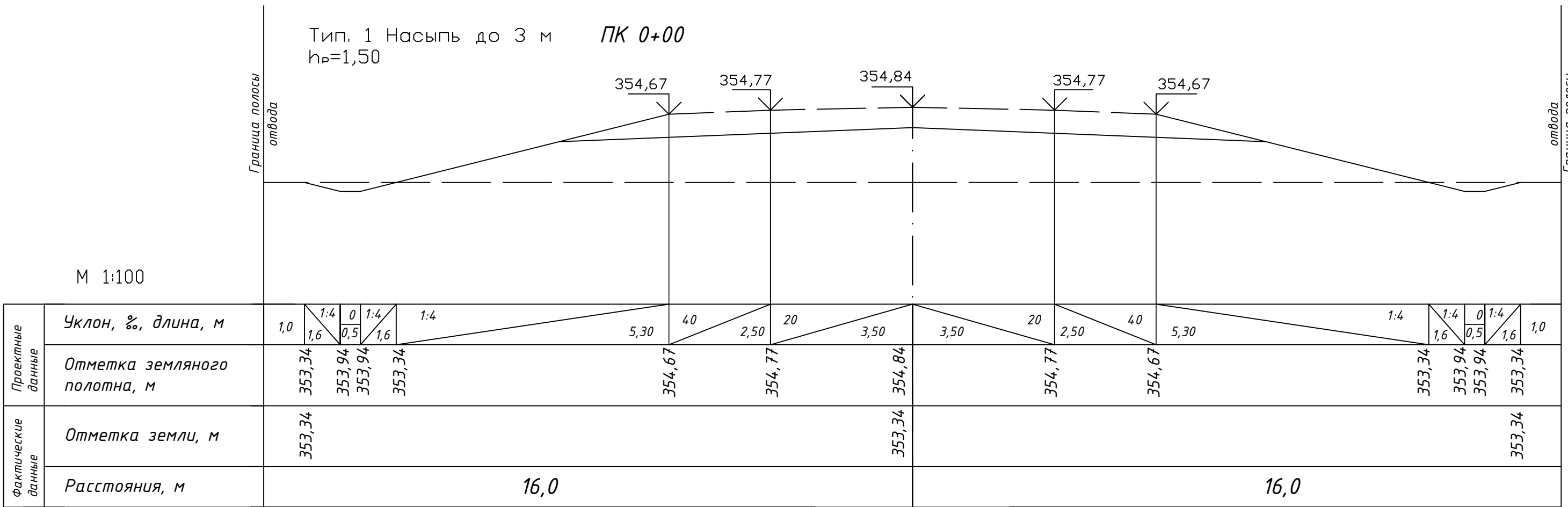


Наименование конструкций		Чертеж	Расчет дорожной одежды по ОДН 218.1.052-2002					
Двухслойное покрытие: -верхний слой плотный, горячий, асфальтобетон I марки, h=0,06м; -нижний слой пористый, горячий асфальтобетон I марки, h=0,07м; -слой основания из черного щебня, по способу заклинки h=0,08м; -верхний слой основания ГЩС укрепленный цементом М40 , h=0,15м; -подстилающий слой песок крупный, h=0,35м			Наименование конструктивных слоев	Схема конструкций, толщина слоев	Расчетные характеристики слоев, МПа	Общий модуль упругости на поверхности слоев, МПа	Допускаемые напряжения по сдвигу и растяжению, МПа	Расчетные напряжения по сдвигу и растяжению, МПа
			Горячий мелкозернистый плотный асфальтобетон. Горячий крупнозернистый пористый асфальтобетон. Чёрный щебень Гравийно-Щебеночная смесь Песок крупный Грунт земляного полотна супесь		Етр=359МПа			
					Е1=3200	Еобщ1=448		
					Е2=2000	Еобщ2=300	Рдоп=0,4565	σ=0,2856
					Е3=900	Еобщ3=180		
Двухслойное покрытие: -верхний слой плотный, горячий, асфальтобетон I марки, h=0,06м; -средний слой пористый, горячий асфальтобетон I марки, h=0,07м; -нижний слой покрытия высокопористый, горячий асфальтобетон I марки, h=0,08м; -верхний слой основания ГЩС укрепленный цементом М40 , h=0,20м; -подстилающий слой ПГС, h=0,30м			Горячий мелкозернистый плотный асфальтобетон. Горячий крупнозернистый пористый асфальтобетон Горячий высокопористый асфальтобетон Гравийно-Щебеночная смесь ПГС Грунт земляного полотна супесь		Е=46МПа			
					Етр=359МПа			
					Е1=3200	Еобщ=448		
					Е2=2000	Еобщ1=360	Рдоп=0,7532	σ=0,4896
					Е3=2000	Еобщ2=300		
					Е4=600	Еобщ4=138	Тдоп=0,0149	Т=0,007
					Е5=130	Еобщ5=85		
					Е=46МПа			
					Етр=359МПа			
					Е1=3200	Еобщ1=448		
					Е2=2000	Еобщ2=300		
					Е3=2000	Еобщ3=160	Тдоп=0,0153	Т=0,0075
					Е4=400	Еобщ4=138		
					Е5=180	Еобщ5=86		
					Е=46МПа			

Расход материалов на 1 п.м покрытия и основания

Покрытие				Основание			
Тип	Горячий мелкозернистый плотный а/б тип А марки I h=0,06м по ГОСТ 9128-2009		Горячий крупнозернистый пористый щебёночный а/б марки I h=0,07 м по ГОСТ 9128-2009		Горячий крупнозернистый высокопористый щебёночный а/б марки I h=0,08 м по ГОСТ 9128-2009		ГЩС h=0,20 м по ГОСТ 25607-2009
	асфальтобетон	битум жидкий	асфальтобетон	битум жидкий	асфальтобетон	битум жидкий	ГЩС
	Т	Л	Т	Л	м³	Л	м³
1	0,91	2,9	1,15	6,4	1,31	7,3	2,52

						ВКР-270205-2017			
						СФУ ИСИ			
Изм.	Кол.	Лист	Док.	Подпись	Дата	Автомобильные дороги	Стадия	Лист	Листов
Разраб.		Шмидт А.Д.					У	5	
Руковод.		Жуков В.И.							
Н. контр.						Дорожные одежды	Кафедра АДиГС		
Зав.каф		Серватинский В.В.							

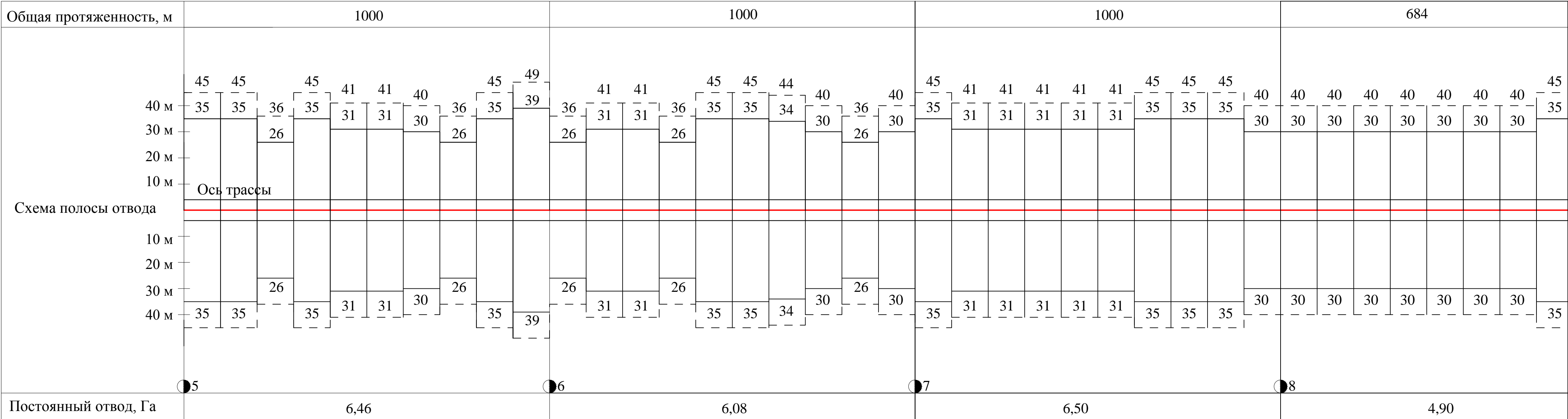
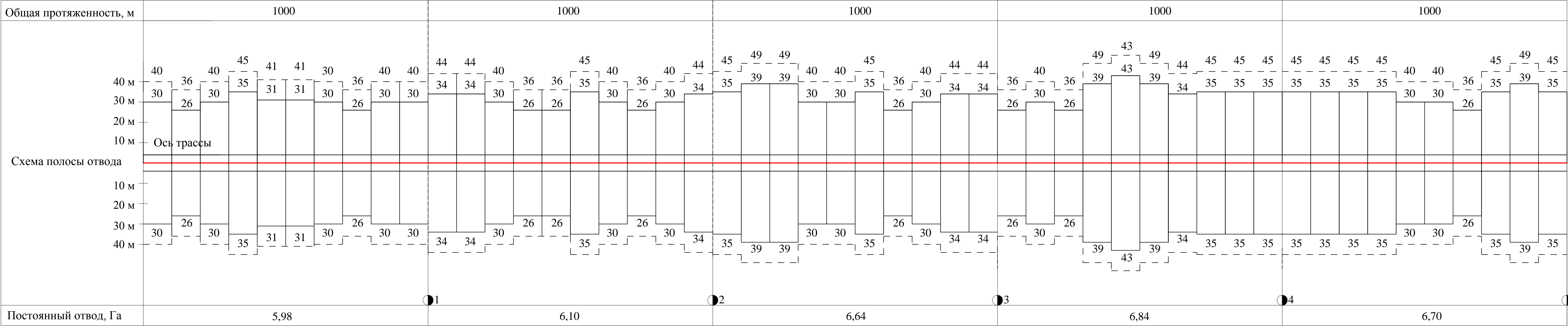


Привязка поперечных профилей

Тип поперечного профиля		Местоположение		Расстояние, м
Слева	Справа	От ПК	До ПК	
1	1	00+00	7+20	720
2	2	7+20	12+55	535
1	1	12+55	13+45	90
2	2	13+45	14+25	80
1	1	14+25	17+15	290
2	2	17+15	19+75	260
3	3	19+75	22+45	270
2	2	22+45	23+50	105
1	1	23+50	26+50	300
2	2	26+50	30+30	380
1	1	30+30	31+95	165
2	2	31+95	32+80	85
3	3	32+80	35+45	265
2	2	35+45	36+65	120
3	3	36+65	40+75	410
2	2	40+75	44+65	390
1	1	44+65	46+05	140
2	2	46+05	47+05	100
3	3	47+05	48+80	175
2	2	48+80	52+05	325
1	1	52+05	57+10	505
2	2	57+10	58+00	90
3	3	58+00	59+35	135
2	2	59+35	60+15	80
1	1	60+15	62+95	280
2	2	62+95	63+95	100
3	3	63+95	65+00	105

						ВКР-270205-2017					
						СФУ ИСИ					
Изм.	Кол.	Лист	Док.	Подпись	Дата	Изыскание и проектирование автомобильных дорог			Стадия	Лист	Листов
Разраб.		Шнит А.Д.							У	6	
Руковод.		Жуков В.И.				Поперечные профили			Кафедра АДугС		
Н. контр.											
Зав.каф		Серватинский В.В.									

График занимаемых земель



————— Постоянный отвод

- - - - - Временный отвод

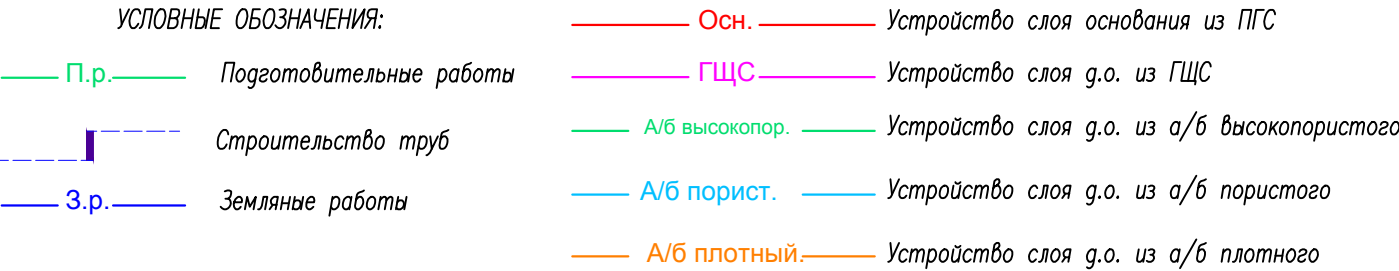
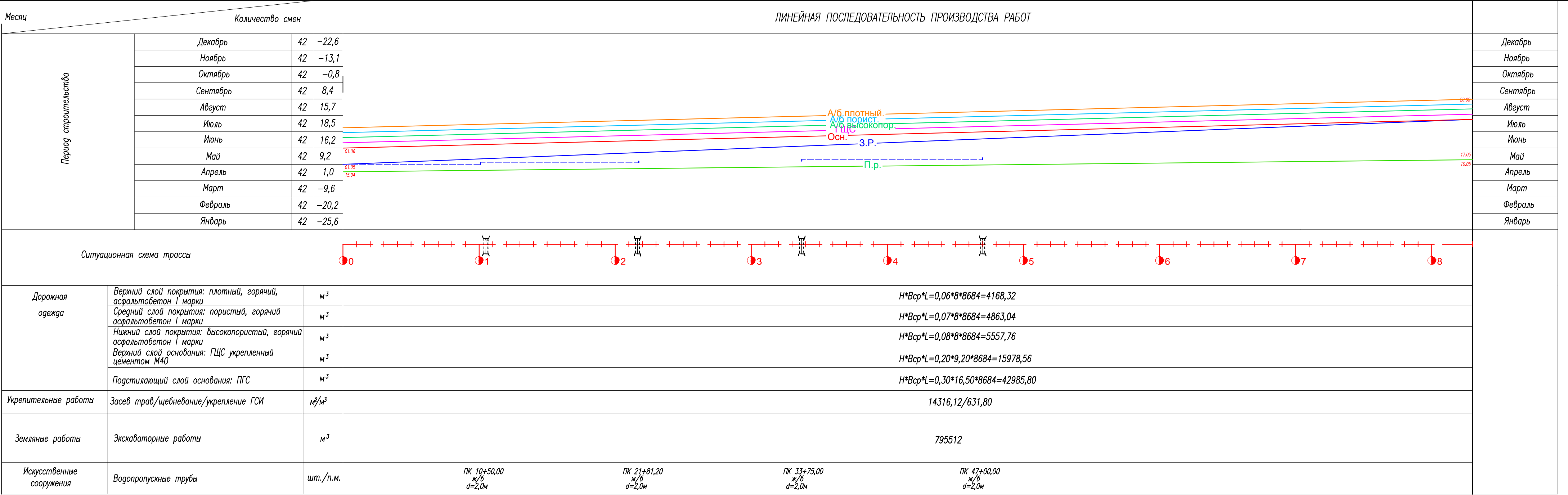
Сводная сокращенная ведомость объемов земляных работ

Участок трассы	Насыпь, м <sup>3</sup>	Выемка, м <sup>3</sup>	ДО+раст. слой, м <sup>3</sup>
0 - 7734,32	795512	0	818693

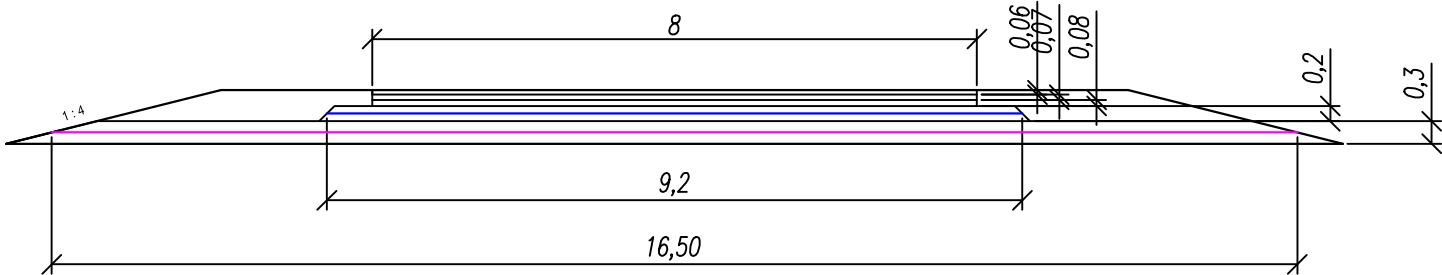
ПК	+	Рабочая отметка, м	Заложение откосов, м	Полоса отвода, м	S, Га
0	0	1,5	4	30	5,98
1	0	2,9	4	25	
2	0	2,4	4	30	
3	0	1,5	4	35	
4	0	1,0	4	31	6,10
5	0	1,4	4	31	
6	0	2,2	4	30	
7	0	2,7	4	25	
8	0	3,6	4	30	6,30
9	0	4,3	4	30	
10	0	5,3	4	34	
11	0	5,3	4	34	
12	0	3,5	4	30	6,64
13	0	2,9	4	25	
14	0	3,2	4	25	
15	0	1,7	4	35	
16	0	2,2	4	30	6,64
17	0	3,0	4	25	
18	0	3,6	4	30	
19	0	4,6	4	34	
20	0	6,3	4	35	6,84
21	0	7,2	4	39	
22	0	7,6	4	39	
23	0	3,9	4	30	
24	0	2,2	4	30	6,70
25	0	1,7	4	35	
26	0	2,6	4	25	
27	0	3,6	4	30	
28	0	4,6	4	34	6,70
29	0	5,0	4	34	
30	0	3,4	4	25	
31	0	2,1	4	30	
32	0	3,1	4	25	6,70
33	0	6,8	1,5	39	
34	0	8,1	1,5	43	
35	0	6,8	1,5	39	
36	0	4,9	4	34	6,70
37	0	6,4	1,5	35	
38	0	6,3	1,5	35	
39	0	6,8	1,5	35	
40	0	6,3	1,5	35	6,70
41	0	6,0	4	35	
42	0	5,8	4	35	
43	0	5,5	4	35	
44	0	4,4	4	30	6,70
45	0	2,1	4	30	
46	0	2,5	4	25	
47	0	5,9	4	35	
48	0	7,0	1,5	39	6,70
49	0	5,8	4	35	

50	0	4,9	4	35	6,46
51	0	4,9	4	35	
52	0	3,1	4	25	
53	0	1,7	4	35	
54	0	0,1	4	31	6,08
55	0	1,2	4	31	
56	0	2,0	4	30	
57	0	2,9	4	25	
58	0	6,0	4	25	6,50
59	0	6,9	1,5	39	
60	0	3,4	4	26	
61	0	0,9	4	31	
62	0	0,7	4	31	4,9
63	0	3,1	4	25	
64	0	6,0	1,5	35	
65	0	6,0	1,5	35	
66	0	4,9	4	34	6,50
67	0	3,7	4	30	
68	0	2,7	4	25	
69	0	1,9	4	30	
70	0	1,3	4	35	6,50
71	0	1,0	4	31	
72	0	0,9	4	31	
73	0	0,8	4	31	
74	0	0,9	4	31	6,50
75	0	1,1	4	31	
76	0	1,3	4	35	
77	0	1,4	4	35	
78	0	1,3	4	35	4,9
79	0	2,0	4	30	
80	0	2,1	4	30	
81	0	2,1	4	30	
82	0	2,1	4	30	4,9
83	0	2,2	4	30	
84	0	2,0	4	30	
85	0	2,0	4	30	
86	0	2,1	4	30	4,9
87	84	1,5	4	35	

						ВКР-270205-2017			
						СФУ ИСИ			
Изм.	Кол.	Лист	Док.	Подпись	Дата	Изыскание и проектирование автомобильных дорог	Стадия	Лист	Листов
Разраб.		Шнидт А.Д.					У	7	
Руковод.		Жуков В.И.							
Н. контр.						Полоса отвода	Кафедра АДИГС		
Зав.каф.		Кереманский В.В.							



Вычисление L<sub>ср</sub> для каждого слоя



Расчет выполнения работ:

Устройство дорожной одежды.

Ведущая машина – асфальтоукладчик VogeLe SUPER 1800–2

Производительность 450 т/час

(4168,32+4863,04+5557,76)\*2,4=35014 тонн асфальтобетона необходимо уложить

Необходимый срок выполнения работ: 35014/450=78 дней

Земляные работы.

Ведущая машина – КАМАЗ–6520

Объем кузова 20 м³

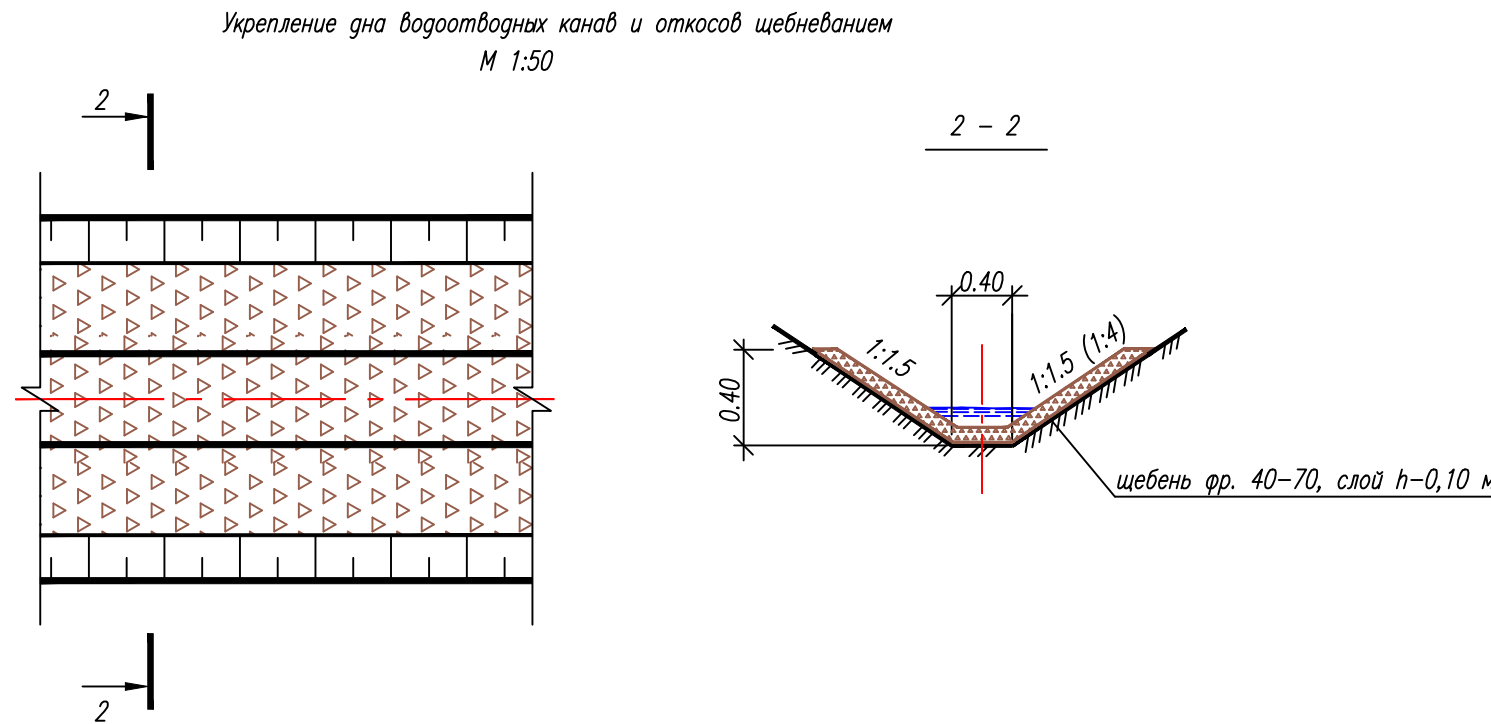
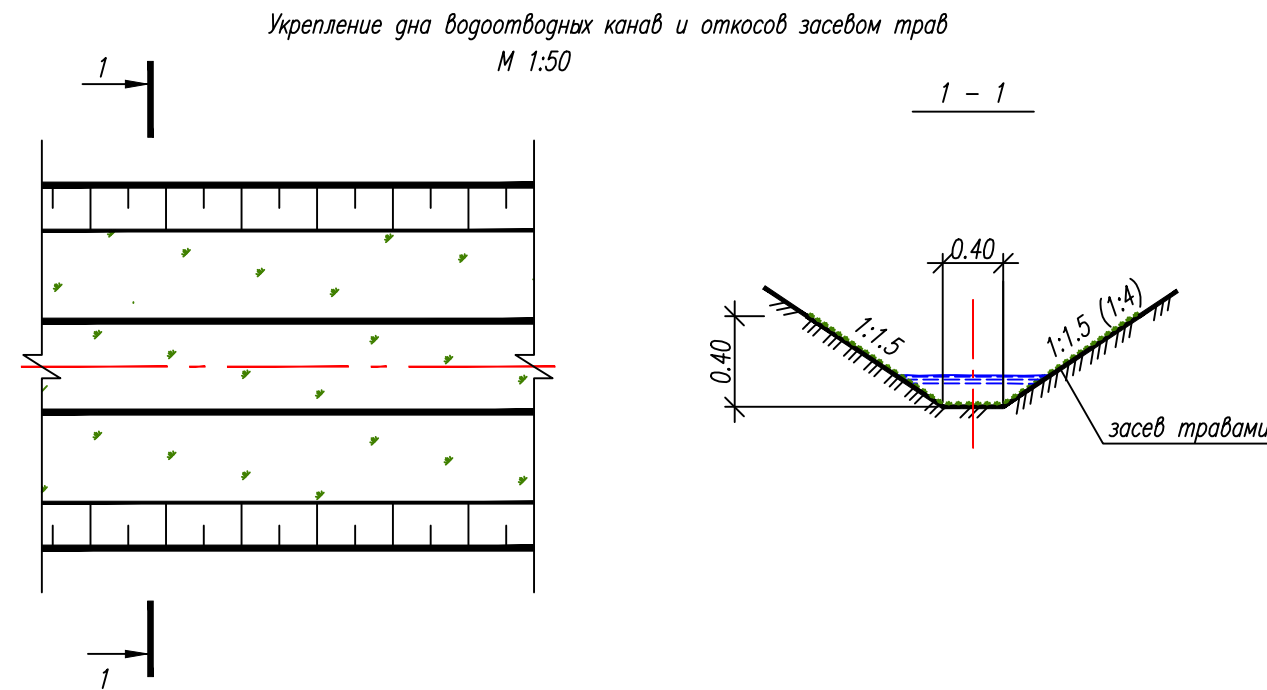
В одну смены одна машина выполняет 500м³

Необходимый объем грунта: 520016 м³

При работе 20–ти машин в две смены: 795512/(500\*20)=80 дней

						ВКР-270205-2017					
						СФУ ИСИ					
Изм.	Кол.	Лист	Док.	Подпись	Дата	Изыскание и проектирование автомобильных дорог			Стадия	Лист	Листов
Разраб.		Шmidt А.Д.							У	8	
Руковод.		Жуков В.И.				Линейно-календарный график			Кафедра АДиГС		
Н. контр.											
Зав.каф		Серватинский В.В.									

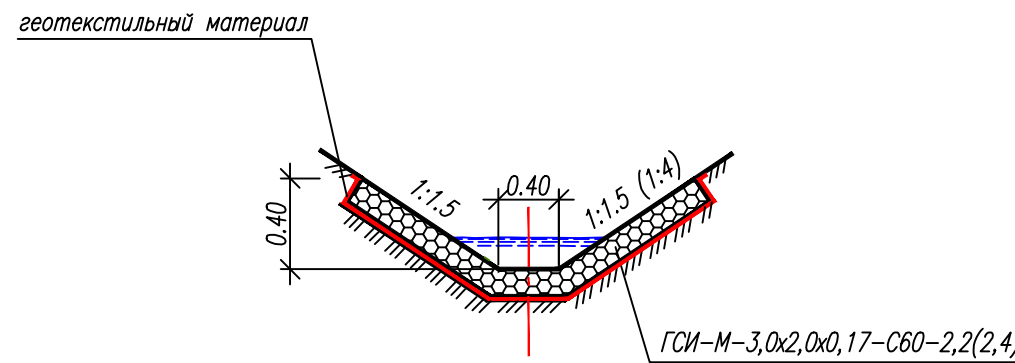
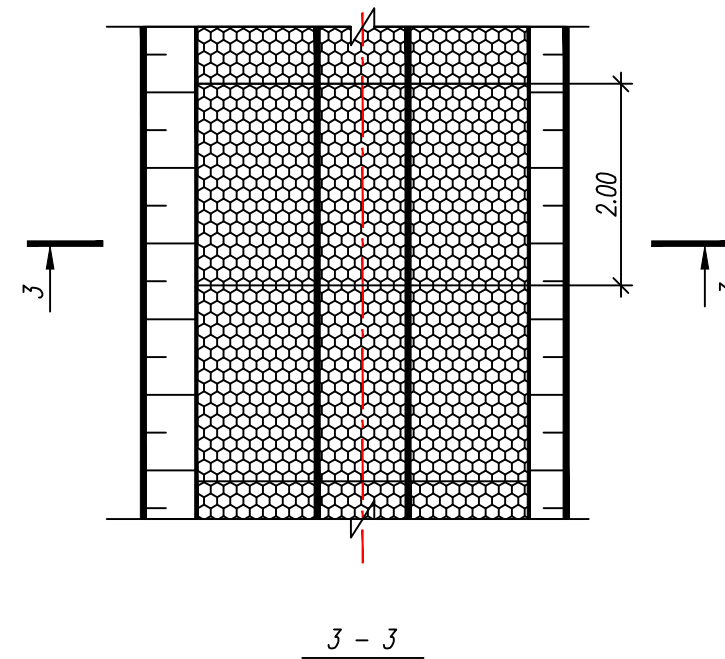




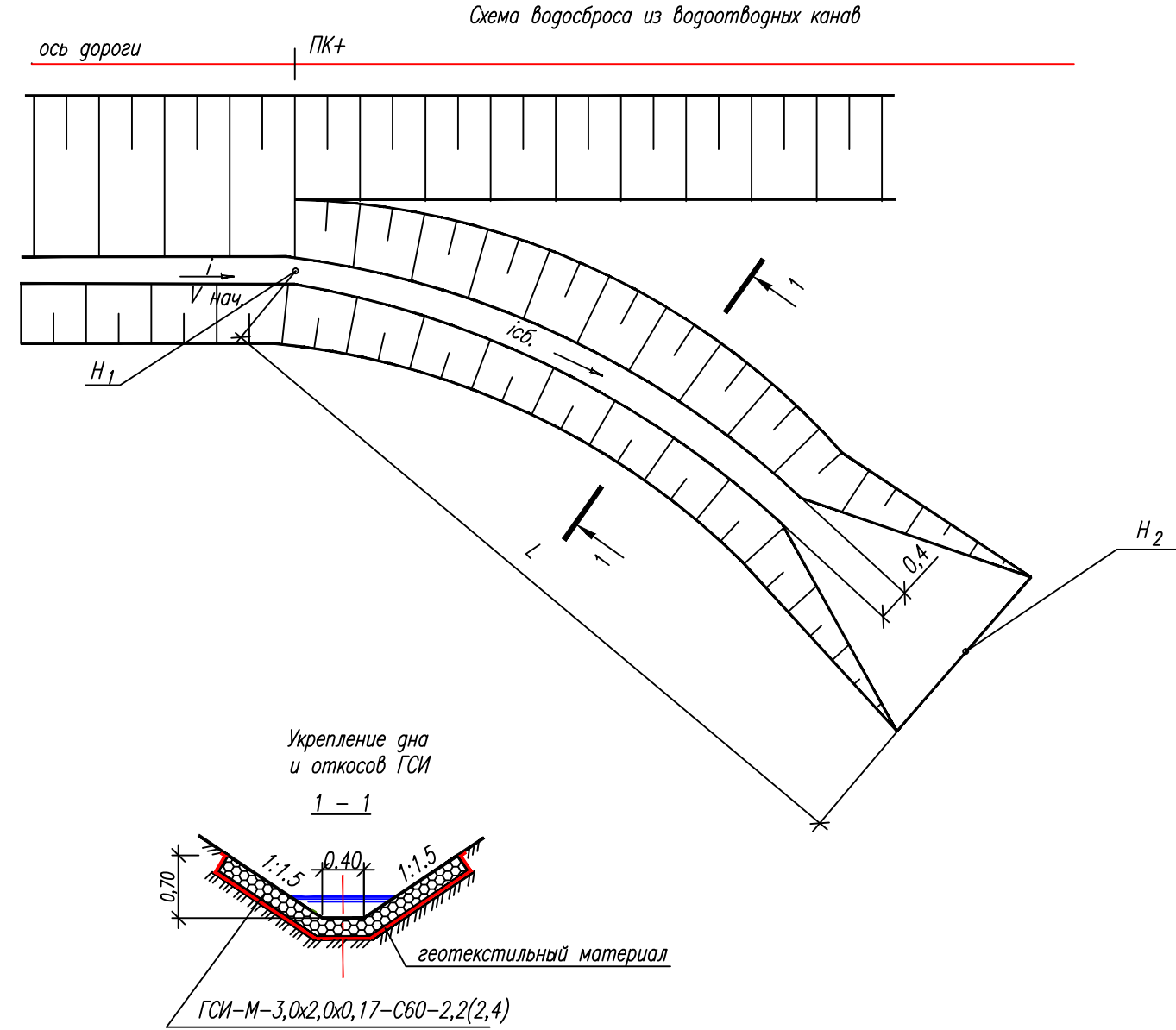
Примечание:

1. Щебневание дна и откосов водоотводных канав производится щебнем фракции 40–70.
2. При укреплении водоотводных канав габионными сетчатыми изделиями (ГСИ) предусматривается укладка ГСИ–М–3,0х2,0х0,17–С60–2,2(2,4)–ЦАММ ГОСТ Р 52132–2003 – Матрасо–тюфячное ГСИ длиной 3,0м, шириной 2,0м, высотой 0,17м, из сетки с ячейкой №60, из проволоки диаметром 2,2(2,4)мм, покрытой сплавом цинка с алюминием и мишметаллом. Заполнитель фракции 80–120мм. Пустоты между ГСИ заполняются щебнем фракции 80–120.
3. В основании ГСИ предусматривается укладка геотекстильного материала типа "Дорнит–350" или аналога, в один слой.
4. В соответствии с ОДМ 218.5.003–2010 тканый геотекстиль и габионные сетчатые изделия крепятся анкерами. Для тканого геотекстиля принимаются анкера диаметром 8 мм, длиной 50 см. Для габионных сетчатых изделий принимаются анкера диаметром 8 мм, длиной 100 см.
5. Если площадь ГСИ перекрывает площадь кювета, то ГСИ укладывается в сторону откоса насыпи.

Укрепление дна водоотводных канав и откосов ГСИ–М–3,0х2,0х0,17–С60–2,2(2,4)  
М 1:50



Участок					Вид укрепления		
от ПК+	до ПК+	Расстояние, м		Уклон макс., %	Засев трав, м <sup>2</sup>	Щебневание, м <sup>3</sup>	ГСИ 3х2, м <sup>2</sup>
		Слева	Справа				
1	2	3	4	5	6	7	8
0+00	7+20	720	720	43			4320,0
12+55	13+45	90	90	24		42,8	
14+25	15+25	100	100	27		47,6	
15+25	17+15	190	190	10	904,4		
23+50	26+50	300	300	23		142,8	
30+30	31+55	125	125	41			750,0
31+55	31+95	40	40	28		19,0	
44+65	46+05	140	140	15	666,4		
52+05	57+10	505	505	48			3030,0
60+15	62+95	280	280	30		133,3	
67+65	86+84	1919	1919	13	9134,4		
Итого укрепление кюветов:							
Засевом трав, м <sup>2</sup>					10705		
Щебневанием дна кювета, м <sup>3</sup>					385,6		
Габионные сетчатые изделия, м <sup>2</sup>					8100		



ВКР-270205-2017					
СФУ ИСИ					
Изм.	Кол.	Лист	Док.	Подпись	Дата
Разраб.		Шмидт А.Д.			
Руковод.		Жуков В.И.			
Н. контр.					
Зав.каф		Серватинский В.В.			
Изыскание и проектирование автомобильных дорог				Стадия	Лист
Деталь проекта. Укрепление водоотводных канав. Устройство сброса.				У	9
				Листов	
				Кафедра АДиГС	